

Mechanical safety interrupt which employs a ceramic interrupter element

Patent number: DE4437452
Publication date: 1995-04-27
Inventor: IWASAKI TAKASHI (JP); TANAKA HIROAKI (JP);
 HASEGAWA AKIRA (JP); KAGAWA KAZUNORI (JP);
 KONDO TAKUYA (JP)
Applicant: TOYOTA MOTOR CO LTD (JP)
Classification:
 - **International:** F16D9/00; B62D5/04
 - **European:** B62D5/04; F16D9/06
Application number: DE19944437452 19941019
Priority number(s): JP19930288708 19931025; JP19930297436 19931102;
 JP19930297437 19931102; JP19930303353 19931109;
 JP19930323089 19931129

Report a data error here

Abstract of DE4437452

A mechanical safety interrupter (disconnecter) for the purpose of releasing a mechanical connection between two mechanical components when a force to be transmitted via the connection between the two components exceeds a predetermined value by the use of an overload interrupter element manufactured from ceramic material. A ceramic interrupter element has a breakage characteristic which is stable in the long term, particularly when the load applied is a cyclic load, i.e. an alternating or pulsating load.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 37 452 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 16 D 9/00
// B62D 5/04

②1 Aktenzeichen: P 44 37 452.6
②2 Anmeldetag: 19. 10. 94
④3 Offenlegungstag: 27. 4. 95

DE 44 37 452 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

25.10.93 JP P 5-288708 02.11.93 JP P 5-297436
02.11.93 JP P 5-297437 09.11.93 JP P 5-303353
29.11.93 JP P 5-323089

⑦1 Anmelder:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.; Grams,
K., Dipl.-Ing.; Link, A., Dipl.-Biol. Dr., Pat.-Anwälte,
80336 München

⑦2 Erfinder:

Iwasaki, Takashi, Susono, Shizuoka, JP; Tanaka,
Hiroaki, Gotenba, Shizuoka, JP; Hasegawa, Akira,
Kakegawa, Shizuoka, JP; Kagawa, Kazunori,
Odawara, Kanagawa, JP; Kondo, Takuya, Susono,
Shizuoka, JP

⑤4 Mechanischer Sicherungsunterbrecher unter Verwendung eines keramischen Unterbrecherelements

⑤7 Ein mechanischer Sicherheitsunterbrecher für das Lösen einer mechanischen Verbindung zwischen zwei mechanischen Bauteilen zu einem Zeitpunkt, in dem eine über die Verbindung der beiden Bauteile zu übertragende Kraft einen vorbestimmten Wert überschreitet durch die Verwendung eines Überlastungsunterbrecherelementes, welches aus Keramik gefertigt ist. Ein keramisches Unterbrechungselement weist einen langzeitlichen stabilen Bruchverlauf insbesondere darin auf, wenn die aufgebrachte Belastung eine Wiederholungsbelastung, d. h., eine Wechsel- bzw. Schwellbelastung ist.

DE 44 37 452 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen mechanischen Sicherungsunterbrecher bzw. ein mechanisches Sicherungsbruchstück, welches in eine mechanische Verbindung einsetzbar ist, um die Verbindung zu lösen, wenn eine durch dieses übertragene Kraft oder ein Drehmoment sich über einen vorbestimmten Wert erhöht.

In zahlreichen mechanischen Einrichtungen wird ein mechanischer Sicherungsunterbrecher verwendet und ist hieraus bekannt, der dafür vorgesehen ist, im Normalzustand eine Kraft oder ein Drehmoment durch sich hindurch zu übertragen, jedoch zu zerbrechen, wenn die Größe der Kraft oder des Drehmoments über einen vorbestimmten Grenzwert ansteigt, so daß hierdurch die Übertragung der Kraft oder des Drehmoments zum Zwecke der Sicherheit unterbrochen wird. Normalerweise wird ein Unterbrecherelement, welches einen wesentlichen Teil einer Kraft- oder Drehmomentübertragungskonstruktion eines derartigen mechanischen Sicherungsunterbrechers ausbildet und welches durch eine Überlastung zerbrochen wird, für gewöhnlich aus Metall oder einem Harz gefertigt, das allgemein bekannt, eine hohe Schlagfähigkeit aufweist. Jedoch tritt bei der Fertigung des Unterbrecherelementes aus Metall oder Harz das Problem auf, daß die Bruchlast von Metall oder Harz infolge einer Ermüdung sich im allgemeinen erheblich verringert, wenn es wiederholten Belastungen ausgesetzt wird. Wenn aus diesem Grund das Bruch- bzw. Unterbrecherelement des mechanischen Sicherungsunterbrechers aus Metall oder aus Harz gefertigt ist, entsteht der große Nachteil, daß der Unterbrecher nach einem bestimmten Verwendungszeitraum ausgelöst wird, selbst wenn die zu übertragende mechanische Belastung noch unterhalb eines für dessen Auslösung vorbestimmten Grenzwerts sich befindet.

In der japanischen Offenlegungsschrift 61-22 0968 wird gezeigt, daß ein mechanischer Sicherungsunterbrecher in ein elektromotorunterstütztes Servolenksystem eines Kraftfahrzeugs wie beispielsweise eines Automobils derart eingebaut ist, daß ein elektrischer Motor mit der Lenksäule bzw. der Lenkwelle über ein Unterbrecherelement (Scherstift) antriebsverbunden ist, welches dann zerbrochen wird, wenn die darauf einwirkende Lenkkraft über einen vorbestimmten Wert sich erhöht, unter Beachtung, daß in dem elektromotorbetriebenen Servolenksystem, welches im allgemeinen ein elektronisches Regelsystem aufweist und das die elektrische Energieversorgung des Elektromotors derart steuert, daß sie sich in Abhängigkeit von der Erhöhung der manuellen Kraft zur Betätigung des Lenkrades erhöht, das elektronische Steuersystem im Gegensatz zum einfachen mechanischen Lenkwellensystem nicht frei von Störungen ist und ferner, da ein Untersetzungs Zahnradzug für gewöhnlich zwischen dem Elektromotor und der hierdurch angetriebenen Lenkwelle eingesetzt ist, ein hoher Widerstand die manuelle Betätigung der Lenkwelle beeinflusst, wenn die elektrische Energieversorgung des Motors ausfällt oder in ungeeigneter Weise verringert wird. Ein derartiges Unterbrecherelement wird jedoch hochfrequenten Wiederholungsanwendungen wechselnder Belastungen infolge der Lenk betätigung des Fahrzeugs ausgesetzt, was dazu führt, daß dessen Bruchlast infolge Ermüdungserscheinungen schnell abfällt. Nichts desto trotz wird dringend gefordert, daß der Grenzwert für das Lenkdrehmoment, bei dem der mechanische Sicherungsunterbrecher des Servolenksy-

stems ausgelöst werden soll, innerhalb eines verhältnismäßig kleinen Bereichs über einen langen Zeitraum hinweg stabil gehalten wird, so daß der mechanische Sicherungsunterbrecher nicht auf eine derartige zeitliche Erhöhung des Lenkungs drehmoments anspricht, wie es bei einem Aufprall eines lenkbaren Fahrzeugrads auf einen Randstein oder ähnliches auftreten kann, wobei jedoch gleichzeitig gewährleistet ist, daß die Lenkwelle für eine freie manuelle Betätigung der Lenkung vom Elektromotor jedesmal dann getrennt wird, wenn ein Fehler im servounterstützten Lenksystem auftritt.

Angesichts der vorstehend genannten Probleme und Forderungen, ist es eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung, einen verbesserten mechanischen Sicherungsunterbrecher zu schaffen, welcher einen extrem stabilen Auslösepunkt über einen langen Betätigungszeitraum beibehält, ohne von sich ständig wiederholenden Belastungen und Alterung des Materials beeinflusst zu werden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die vorstehend genannte Hauptaufgabe durch einen mechanischen Sicherungsunterbrecher gelöst, der die folgenden Bauteile aufweist:

Erste und Zweite mechanische Bauteile, die derart angeordnet sind, daß eine Kraft zwischen diesen übertragen wird, um eine vorbestimmte mechanische Betätigung auszuführen und ein Unterbrecherelement, das zwischen dem ersten und zweiten Bauteil derart eingebaut ist, das die Kraft zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil ausschließlich über das Unterbrecherelement übertragen wird, wobei das Unterbrecherelement im wesentlichen aus einem keramischen Material gefertigt ist.

Die Fig. 49 zeigt den Bruchlastverlauf von Keramik (Silikonitrid) und Metall (Stahllegierung, JIS SCM 415) im Vergleich. Wie aus dieser Figur abgeschätzt werden kann, bleibt die Bruchlast von Keramik wesentlich mehr von Materialermüdung unbeeinflusst, als jene von Metall. Beispielsweise verbleibt die Bruchlast von Keramik ungefähr bei 80% ihres ursprünglichen Wertes, selbst nach 10^8 Wechselbelastungen. In dieser Figur wird die Bruchlast unter Belastung durch Megapascal angegeben. Der Alterungseinfluß auf die Bruchlast von Keramik bleibt ebenfalls stabil, wie in dieser Figur angezeigt ist. Aus diesem Grund kann durch die Fertigung des Bruchelements des mechanischen Sicherungsunterbrechers aus keramischem Material die Brucheigenschaft des Unterbrecherelements über einen langen Betriebszeitraum unter wiederholter Belastung wesentlich stabilisiert werden.

Folglich ist es basierend auf der langfristig stabilisierten Ausführung, erreicht durch das Grundkonzept der vorliegenden Erfindung, eine weitere Aufgabe der Erfindung, einen verbesserten mechanischen Sicherungsunterbrecher zu schaffen, der eine hohe Genauigkeit hinsichtlich der Einstellung von dessen Auslösepunkt aufweist.

Zur Lösung dieser weiteren Aufgabe kann das Unterbrecherelement als ein Plattenelement ausgeführt sein, das in der Lage ist, die Kraft über ein Scheren entlang eines Querschnittsbereichs in dessen Mittelabschnitt in einer ebenen Verlängerung vom Plattenelement zu übertragen. In diesem Fall kann der Querschnittsbereich des Plattenelements durch ein Paar von Kerben bzw. Nuten bestimmt werden, welche in gegenüberliegenden Flächen des Plattenelements so ausgeformt sind, daß sie sich im wesentlichen über dessen Dicken- bzw. Breitenrichtung ausrichten. Über dies kann das Platten-

element eine Sektor- bzw. Schnittkonfiguration haben, in der die Kerben parallel zu einer Kante des Plattenelements ausgeformt sind, um einen Mittenabschnitt der Schnittkonfiguration zu überqueren, wobei die Tiefe der Kerben entlang einer Länge von diesen derart sich verändert, daß sie in einem Mittenabschnitt von deren Längen am geringsten und an den gegenüberliegenden Enden der jeweiligen Länge am größten ist. In einer derartigen Konstruktion kann die Tiefe der Kerben kreisbogenförmig sich verändern, um kreisbogenartige konvexe sich gegenüberliegende Kanten des Querschnittsbereichs zu bestimmen. Die Tiefe der Kerben kann sich aber auch in gerader Weise verändern, so daß gerade konvexe sich gegenüberliegende Kanten des Querschnittsbereichs ausbilden. Über dies kann das Plattenelement eine Sektor- bzw. Schnittkonfiguration aufweisen, in der die Kerben parallel zu einer geraden Kante des Plattenelements derart ausgeformt sind, daß sie einen Mittelabschnitt der Schnittkonfiguration überqueren, wobei die Tiefe der Kerben über deren Länge im wesentlichen konstant ist. Wenn der mechanische Sicherheitsunterbrecher mit einer derartigen Konstruktion ausgebildet ist, daß das erste mechanische Bauteil eine zylindrische Außenfläche und eine im wesentlichen radiale erste Keilnut hat, die zu der zylindrischen Außenfläche hin geöffnet ist, während das zweite mechanische Bauteil eine zylindrische Innenfläche hat, welche in gleitenden Eingriff mit der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils bringbar ist, und eine im wesentlichen radiale zweite Keilnut aufweist, welche zur zylindrischen Innenfläche hin geöffnet und nach der ersten Keilnut ausrichtbar ist, wird das Plattenelement jeweils halbseitig in die erste und zweite Keilnut an dessen gegenüberliegenden Halbabschnitten derart eingebaut, das es einer Scherung in dessen Dickenrichtung entlang dem Querschnittsbereich durch eine relative Drehbewegung des ersten und zweiten mechanischen Bauteils ausgesetzt werden kann, wobei die zwei Keilnuten derart angeordnet sind, daß zentrale Ebenen der beiden Nuten tangential zu einem gedachten zylindrischen Bogen mit Mittelpunkt auf einer Mittelachse der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils am jeweiligen Grund der Nuten sich verbinden um hierdurch einen Scherbruch des Plattenelements entlang dem gedachten zylindrischen Bogen zu bewirken.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann der Querschnittsbereich des Plattenelements durch zumindest ein Paar von Knoop-Einkerbungen begleitet von entsprechenden sektorweisen Ausbrüchen definiert sein, die in gegenüberliegenden Flächen des Plattenelements ausgebildet und über die Dicke des Plattenelements im wesentlichen ausgerichtet sind. In dieser Weise kann der Querschnittsbereich des Plattenelements durch zumindest drei Paaren von Knoop-Einkerbungen ausgebildet werden, die durch entsprechende, sektionsweise Ausbrüche begleitet werden, die in gegenüberliegende Flächen des Plattenelements ausgebildet sind, wobei jede der Paare von Knoop-Einkerbungen und den entsprechenden sektionsweisen Ausbrüchen über die Dicke des Plattenelements hinweg im wesentlichen zueinander ausgerichtet sind, während die zumindest drei Paare von Knoop-Einkerbungen und die entsprechenden sektionsweisen Ausbrüchen übereinstimmend ausgebildet sind, um den Querschnittsbereich zu bestimmen. Alternativ kann der Querschnittsbereich des Plattenelements durch ein Paar von linearen Rissen bestimmt werden, die durch einen Knoop-Kopf ausgebil-

det sind und von entsprechenden linearen Ausbrüchen begleitet sind, die in gegenüberliegenden Flächen des Plattenelements ausgebildet sind und über die Dicke des Plattenelements hinweg im wesentlichen zueinander ausgerichtet sind. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das Plattenelement als Baugruppe von zumindest einem ersten, einem zweiten und einem dritten Plattenelement ausgebildet sein, wobei zumindest das erste Plattenelement aus einem Keramikwerkstoff gefertigt ist, das zweite und dritte Plattenelement mit einer Fläche des ersten Plattenelements derart verbunden ist, daß dazwischen ein Schlitz ausgebildet wird um einen Bruch des ersten Plattenelements entlang einem Abschnitt zu bewirken, der nach dem Schlitz ausgerichtet ist. Über dies kann das Keramikbruchelement bzw. Keramikbruchstück mit einer Harzschicht überzogen sein. Der mechanische Sicherheitsunterbrecher gemäß der vorliegenden Erfindung kann derart konstruiert sein, daß das erste mechanische Bauteil eine zylindrische Außenfläche und eine im wesentlichen radiale erste Keilnut aufweist, welche zur zylindrischen Außenfläche hin geöffnet ist, während das zweite mechanische Bauteil eine zylindrische Innenfläche für einen Gleiteingriff mit der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils sowie eine im wesentlichen radiale zweite Keilnut aufweist, welche zur zylindrischen Innenfläche hin geöffnet ist und dafür vorgesehen ist, mit der ersten Keilnut übereinandergelagert zu werden, wobei das Bruch- bzw. Unterbrecherelement als ein Keil ausgeführt ist, der jeweils halbseitig in die erste und zweite Keilnut an gegenüberliegenden Halbabschnitten derart eingebaut ist, daß ein Moment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil um eine Achse herum übertragbar ist, welche eine Mittelachse der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils entspricht. In der vorstehend beschriebenen Konstruktion kann die erste und zweite Keilnut jeweils derart geformt werden, daß eine Kante an einem jeweiligen Öffnungsende entsteht, welche als eine Scherkante gegen den Keil quer über einen mittleren Querschnittsbereich des Keils dient. Alternativ kann zumindest eine der ersten und zweiten Keilnuten mit einem Einbau- bzw. Anschlußhohlraum für die Aufweitung von deren Öffnungsende ausgebildet werden, so daß ein Hohlraum geschaffen wird, in dem der Keil im wesentlichen einer Biegespannung durch ein hierdurch übertragenes Drehmoment ausgesetzt ist. Desweiteren kann der mechanische Sicherheitsunterbrecher gemäß der vorliegenden Erfindung derart ausgebildet sein, daß das erste mechanische Bauteil eine ringförmige Fläche hat, die um eine Rotationsachse drehbar ist, wobei eine erste Keilnut zur ringförmigen Fläche hin geöffnet ist, während das zweite mechanische Bauteil eine ringförmige Fläche gegenüber der ringförmigen Fläche des ersten mechanischen Bauteils hat, wobei ein wesentlicher Hohlraum dazwischen verbleibt und eine zweite Keilnut zur ringförmigen Fläche hin geöffnet ist und mit der ersten Keilnut überlagerbar ist, wobei das Unterbrecher- bzw. Bruchelement als Keil ausgebildet ist, der jeweils halbseitig in die erste und zweite Keilnut an jeweils gegenüberliegenden Halbabschnitten einbaut ist, wobei ein Mittelabschnitt des Unterbrecherelements den Hohlraum überquert, so daß ein Drehmoment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil um die Rotationsachse übertragbar ist. Die erste und zweite Keilnut und der darin aufgenommene Keil kann in doppelter Ausführung um die Mittelachse ausgeführt sein, so daß dann, wenn ein erster Satz an Keilnuten und Keil betrie-

ben wird, um ein Drehmoment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil im wesentlichen zu übertragen, ein zweiter Satz an Keilnuten und Keil ungenutzt bleibt, um dann, wenn der Keil des ersten Satzes an Keilnuten und Keil gebrochen wird, der zweite Satz an Keilnuten und Keil betrieben wird, um ein Drehmoment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil im wesentlichen zu übertragen. Alternativ hierzu kann ein einzelner Keil mit einer gestuften Dicke ausgebildet sein, um einen relativ dickeren Halbabschnitt und einen relativ dünneren Halbabschnitt aufzuweisen, so daß dann, wenn der dickere Halbabschnitt in Betrieb ist, um im wesentlichen ein Moment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil zu übertragen, der dünnere Halbabschnitt ungenutzt bleibt, und dann, wenn der dickere Halbabschnitt zerbrochen ist, der dünnere Halbabschnitt betrieben wird, um im wesentlichen ein Drehmoment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil zu übertragen. Über dies kann der mechanische Sicherheitsunterbrecher gemäß der vorliegenden Erfindung derart aufgebaut sein, daß das erste und zweite mechanische Bauteil jeweils Drehbauteile sind, die um eine gemeinsame Rotationsachse drehbar und axial entlang der Rotationsachse voneinander beabstandet sind, wobei das Unterbrecherelement ein Bauteil ist, welches die axial gegenüberliegenden Endabschnitte des ersten und zweiten mechanischen Bauteils miteinander verbindet, um ein Drehmoment zwischen beiden durch Aufnahme einer darauf angelegten Torsionsbelastung zu übertragen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektiven Ansicht gemäß einem etwas schematischen Ausschnitt eines Lenkungssystems eines Automobils mit einer elektromotorunterstützten Servolenkeinrichtung,

Fig. 2 einen Axialschnitt einer Lenkwellen und Abtriebszahnradbaugruppe, die in dem Lenksystem gemäß Fig. 1 eingesetzt ist,

Fig. 3 einen Querschnitt der Baugruppe gemäß Fig. 2,

Fig. 4 einen Abschnitt um den Keil in Fig. 3 herum im einzelnen und im vergrößerten Maßstab,

Fig. 5 eine Draufsicht der Keils gemäß der Fig. 2 bis 4,

Fig. 6 eine Ansicht entsprechend einem Abschnitt von Fig. 4, der dessen Funktion illustriert,

Fig. 7 eine Ansicht ähnlich zur Fig. 6, in der eine Modifikation der Querschnittskonfiguration der Nut dargestellt wird,

Fig. 8 einen Satz einer Planansicht (A) und einer Frontansicht (B) eines Keiles und einen Gr. (C) des Zugbelastungsfaktors, der eine Veränderung bezüglich der Tiefe der Nuten darstellt,

Fig. 9 eine Ansicht ähnlich zur Fig. 8, die eine weitere Veränderung bezüglich der Tiefe der Nuten darstellt,

Fig. 10 eine ähnliche Ansicht zur Fig. 8 oder 9, die noch eine weitere Veränderung bezüglich der Tiefe der Nuten darstellt,

Fig. 11 eine Teilansicht, die eine Grundanordnung eines Paares von Nuten darstellt,

Fig. 12 eine ähnliche Ansicht zur Fig. 11, die eine Modifikation der Anordnung gemäß Fig. 11 darstellt,

Fig. 13 einen Grafen, der das Ermüdungsbild des Keramikkeils in einer Relation zwischen dem Zugbelastungsfaktor und der Belastung zeigt,

Fig. 14 eine ähnliche Ansicht zur Fig. 2, die das Ausführungsbeispiel einer Doppelkeilkonstruktion zeigt,

Fig. 15 einen Querschnitt der Konstruktion gemäß

der Fig. 14,

Fig. 16 eine Schnittansicht, die eine Anordnung eines Paares von Nuten für einen der Keile in der Konstruktion gemäß der Fig. 14 zeigt,

Fig. 17 eine Schnittansicht, die eine Anordnung eines Paares von Nuten für den anderen der Keile in der Konstruktion gemäß der Fig. 14 zeigt,

Fig. 18 eine Ansicht ähnlich zur Fig. 14, die eine abgesetzte bzw. gestufte Keilkonstruktion zeigt,

Fig. 19 einen Querschnitt der Konstruktion gemäß der Fig. 18,

Fig. 20 den gestuften Keil in der Konstruktion gemäß der Fig. 18 und 19 in einer Draufsicht (A) und einer Frontsicht (B),

Fig. 21 eine Schnittansicht, die eine Anordnung eines Paares von Nuten für eine Hälfte des gestuften Keils in der Konstruktion gemäß der Fig. 20 zeigt,

Fig. 22 eine Schnittansicht, die eine Anordnung eines Paares von Nuten für die andere Hälfte des gestuften Keils in der Konstruktion gemäß der Fig. 20 zeigt,

Fig. 23 einen Keramikkeil gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel in einer Draufsicht (A) und einer Frontsicht (B), wobei der Keil mit einem Paar von Knoopeinkerbungen mit begleitenden sektionsweisen Ausbrüchen ausgebildet ist.

Fig. 24 einen Querschnitt eines Teils des Keils gemäß Fig. 23, welcher die Knoopeinkerbungen und die Ausbrüche durchquert,

Fig. 25 einen Längsschnitt eines Teils des Keils gemäß Fig. 23 der die Knoopeinkerbungen und die Ausbrüche durchquert,

Fig. 26 eine Ansicht, die den Fortgang (A, B, C) eines Verlaufs der Ausbildung einer Knoopeinkerbung in einem Flächenabschnitt des Keramikkeils unter begleitender Ausbildung des sektionsweisen Ausbruchs darstellt,

Fig. 27 einen Keramikkeil gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel in der gleichen Weise wie in Fig. 23 in einer Draufsicht (A) und einer Frontsicht (B) wobei der Keil mit drei Paaren von Knoopeinkerbungen mit begleitenden sektionsweisen Ausbrüchen ausgebildet ist,

Fig. 28 einen Querschnitt eines Teils des Keils gemäß Fig. 27, der die Knoopeinkerbungen und die Aufbrüche durchquert,

Fig. 29 einen Längsschnitt eines Teils des Keils gemäß der Fig. 27 der die Knoopeinkerbungen und die Ausbrüche durchquert,

Fig. 30 eine Ansicht, die den Fortlauf (A, B, C) einer Ausformungsverfahren eines linearen Risses in einem Oberflächenabschnitt eines Keramikkeils durch einen Knooppkopf unter begleitender Ausbildung eines linearen Ausbruchs darstellt,

Fig. 31 einen Keramikkeil gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel in gleicher Weise wie in Fig. 23 oder 27 in einer Draufsicht (A) und einer Frontsicht (B), wobei der Keil mit einem linearen Riß durch einen Knooppkopf mit einem begleitenden linearen Aufbruch ausgebildet ist,

Fig. 32 einen Querschnitt eines Abschnitts des Keils gemäß der Fig. 31, der den linearen Riß und den begleitenden linearen Ausbruch durchquert,

Fig. 33 einen Längsschnitt eines Teils des Keils gemäß der Fig. 31, der den linearen Riß und den linearen Aufbruch durchquert,

Fig. 34 einen Grafen, der den Bruchverlauf des Keils darstellt, der mit den Knoopeinkerbungen und den linearen Rissen durch den Knooppkopf mit den jeweils

begleitenden, sektionsweisen und linearen Ausbrüchen ausgebildet ist, im Vergleich, in Beziehung zwischen dem Spannungsbelastungsfaktor und dem Belastungszeitraum,

Fig. 35 einen Keramikkeil in gleicher Weise wie in Fig. 23 in einer Draufsicht (A) und einer Frontsicht (B), wobei der Keil in einer Harzschicht eingehüllt ist, wie in den folgenden Fig. 36 und 37 gezeigt wird,

Fig. 36 einen Querschnitt eines Teils des Keils gemäß der Fig. 35 in einem Zustand, in dem eine Harzschicht um den Keil herum geformt ist, wobei der Querschnitt die Knoopeinkerbungen unter Begleitung von den sektionsweisen Aufbrüchen durchquert,

Fig. 37 einen Längsschnitt des Teils des Keils gemäß der Fig. 36 entlang der Knoopeinkerbungen und der sektionsweisen Aufbrüche,

Fig. 38 einen Verlauf eines Herstellung des Keils gemäß der Fig. 35 bis 37 mit den Knoopeinkerbungen und den sektionsweisen Aufbrüchen und mit der Harzschicht überzogen,

Fig. 39 einen Grafen, der den Bruchverlauf der Keile, welche mit den Knoopeinkerbungen und den begleitenden sektionsweisen Aufbrüchen mit und ohne die Harzschicht im Vergleich in der Beziehung zwischen dem Spannungsfaktor und der Belastungszeitdauer gezeigt wird,

Fig. 40 eine ähnliche Ansicht wie Fig. 36, wobei ein Querschnitt eines Keils mit einer Harzschicht dargestellt wird, die in einer modifizierter Weise ausgebildet ist, wobei der Querschnitt die Linearriese und die begleitenden Linearaufbrüche durchquert,

Fig. 41 einen Längsschnitt des Teils des Keils gemäß der Fig. 40 entlang der Linearriese und der Linearaufbrüche,

Fig. 42 einen Keramikkeil gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel in der gleichen Weise wie Fig. 23, 27 oder 31 in einer Draufsicht (A) und einer Frontsicht (B), wobei der Keil als eine Verbundbaugruppe von Plattenelementen ausgebildet ist,

Fig. 43 einen Querschnitt eines Teils des Keils gemäß der Fig. 42, der den Rand der zusammengebauten Plattenelemente durchquert,

Fig. 44 eine perspektiven Ansicht ähnlich zur Fig. 1, wobei ein Lenkungssystem eines Automobils gezeigt wird, in dem ein weiteres Ausführungsbeispiel des mechanischen Sicherungsunterbrechers gemäß der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist,

Fig. 45 eine perspektiven Ansicht teilweise in einer Schnittansicht, in der ein wesentlicher Abschnitt des Zahnrades in dem Lenkungssystem gemäß der Fig. 44 dargestellt wird,

Fig. 46 eine Schnittansicht entsprechend dem Teilabschnitt in Fig. 45, wobei die wesentliche Konstruktion im einzelnen dargestellt wird,

Fig. 47 eine Ansicht ähnlich zur Fig. 46, wobei ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt wird,

Fig. 48 eine Ansicht, die ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung entsprechend einem etwas schematischen Modell darstellt und

Fig. 49 einen Grafen der den Ermüdungsverlauf bezüglich der Bruchlast von Keramik und Metall im Vergleich im Verhältnis zwischen dem Spannungsfaktor und der Frequenz von Lastwiederholungen zusammen mit dem Alterungsverlauf von Keramik darstellt.

Im folgenden wird die vorliegende Erfindung im einzelnen unter Bezugnahme auf die bevorzugten Ausführungsbeispiele anhand der begleitenden Figuren näher

beschrieben. In allen Figuren werden für entsprechende Abschnitte gleiche Bezugszeichen mit oder ohne genauer Beschreibungen verwendet, um das Studium der Unterlagen zu erleichtern.

Gemäß der Fig. 1 umfaßt ein hierin in etwas schematischer Weise dargestelltes lenkkräftunterstütztes Lenkungssystem eine Lenkwelle 10, ein Lenkrad 12 und eine Zahnstangen/Zahnradlenkungseinrichtung 16, die gemäß einer allgemein vorbekannten konventionellen Weise angeordnet sind, und desweiteren ein Drehmomentsensor 14, für die Erfassung eines Drehmoments, welches auf die Lenkwelle 10 durch das Lenkrad 12 angelegt wird, ein abgescrängtes Antriebszahnrad 22 (Kegelrad) das an einer Ausgangswelle des Motors 20 befestigt ist und in ein Abtriebszahnrad 18 eingreift, sowie eine elektronische Regeleinrichtung 24, die dazu vorgesehen ist, eine geregelte elektrische Energie entsprechend der Eingangssignale zum Motor 20 zu führen, die ein Signal beinhaltet, welches ein manuelles Lenkungsdrehmoment anzeigt, welches durch den Drehmomentsensor 14 erfaßt wird. Die elektronische Regel- bzw. Steuereinrichtung 24 ist im allgemeinen so konstruiert, daß sie den Motor 20 in einer Weise betätigt, daß eine Energie im allgemeinen proportional zu dem manuellen Lenkungsdrehmoment erzeugt wird, welches durch den Drehmomentsensor 14 erfaßt ist. Das Abtriebszahnrad 18, welches an der Lenkwelle 10 befestigt ist, ist drehübertragungsfähig mit der Lenkwelle durch eine solche Keilkonstruktion verbunden, wie sie in Fig. 2 in einem Axialschnitt entlang einer Mittelachse 26 der Lenkwelle 10 sowie wie in Fig. 3 in einem Querschnitt senkrecht zur Mittelachse 26 dargestellt wird.

Gemäß dieser Figuren ist die Lenkwelle 10 mit einer sektions- bzw. bereichsweisen Keilnut 28 ausgebildet, während das Zahnrad 18 mit einer linearen bzw. durchgehenden Keilnut 30 an einem Nabenabschnitt 18A ausgebildet ist, um sich mit der sektionsweisen Keilnut zu überlagern. Desweiteren ist ein Sektorkheil 32 derart eingebaut, daß dessen ein Halbabschnitt dicht in der Sektorkheilnut 28 der Lenkwelle 10 aufgenommen ist, während ein verbleibender Halbabschnitt des Keils dicht in der Linearkeilnut 30 des Zahnrads 19 aufgenommen ist, so daß eine Drehmomentübertragungsverbindung zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 geschaffen wird. Dieser Keil 32 wird aus Keramik wie beispielsweise Silikonitrid gefertigt.

Gemäß der Fig. 4 und 5 ist der Keil 32 im einzelnen mit ein Paar von Kerben oder Einschnitten 34 und 36 in gegenüberliegenden Flächenabschnitten 32A und 32B ausgebildet, wobei sich diese parallel zu einer linearen bzw. geraden Kante 32C einer Sektor- bzw. Schnittkonfiguration erstrecken und sich in Überlagerung mit einem Abstand zwischen einer äußeren Fläche 38 der Lenkwelle 10 und einer inneren Fläche 40 des Zahnrads 18 befindet, welcher eine Bohrung ausbildet, durch die die Lenkwelle 10 sich erstreckt. Gemäß der Fig. 4 ist die Breite der Kerben 34 und 36 an deren offenen Ende im wesentlichen weiter als der Abstand zwischen den Flächen 38 und 40, so daß selbst dann, wenn eine geringere Relativbewegung in die linke oder rechte Richtung gemäß der Fig. 4 zwischen der Lenkwelle 10, dem Zahnrad 18 und dem Keil 32 infolge einer Veränderung des Abstands oder thermischer Expansion auftritt, die Kanten, welche durch die äußere Fläche 38 und die gegenüberliegende Seitenflächen der Sektorkheilnut 28 sowie durch die Innenfläche 40 und die gegenüberliegenden Seitenflächen der Linearkeilnut 30 gebildet werden, frei in den Kerben 34 und 36 verbleiben. Die vorstehend beschrie-

bene Keilkonstruktion schafft einen mechanischen Sicherungsunterbrecher, der normalerweise die Lenkwelle 10 mit dem Zahnrad 18 Drehmomentübertragungsfähig verbindet, d. h. die unterstützende Lenkkraftquelle, welche durch den Motor 20 geschaffen wird, solange, wie der Keil 32 einstückig bleibt, jedoch die Drehmomentsübertragungsverbindung unterbricht, so daß die Lenkwelle 10 losgelöst von dem Zahnrad 18, d. h. vom Motor 20 und dessen Antriebszahnradzug (im allgemeinen ein Untersetzungs Zahnradzug) drehbar ist, welcher schematisch durch die Kegelräder 18 und 20 dargestellt ist, falls der Keil 32 entlang der Kerben 34 und 36 zerbrochen ist. Der Grenzwert der Kraft oder noch präziser ausgedrückt die Scherkraft in der vorstehenden Konstruktion, die entsprechend einem Moment auf den Keil 32 übertragen wird, welches durch diesen zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 geleitet wird, welche den Bruch des Keils 32 entlang dem Querschnittsbereich verursacht, der zwischen den Kerben 34 und 36 ausgebildet ist, kann mit einer sehr geringen Verringerung wie beispielsweise 20% für eine große Anzahl von Belastungswiederholungen wie beispielsweise 10^8 Wiederholungen stabil aufrechterhalten werden wie anhand der Fig. 49 zu entnehmen ist. Da über dies in den vorstehend genannten Konstruktionen die Scherkanten, welche den Bruch des Keils 32 verursachen, im wesentlichen durch die Kerben 34 und 36 bestimmt werden, ohne durch die Kanten der Lenkwelle 10 und das Zahnrad 18 beeinflusst zu werden, welche die jeweiligen Keileinkerbungen 28 und 30 umgeben, ist eine hohe Präzision bei der Festlegung der Drehmomentgrenze verfügbar, bei der der mechanische Sicherheitsunterbrecher ausgelöst wird. Fig. 6 zeigt einen Abschnitt um die Einkerbung 34 in Fig. 4 in Vergrößerung, wobei die Kontaktpunkte zwischen der Lenkwelle 10 und dem Keil 32 und zwischen dem Zahnrad 18 und dem Keil 32, welche entscheidend für die Bestimmung des Bruchs des Keils 32 sind, durch weiße Dreiecke angezeigt werden. Dadurch, daß die Öffnungsweite der Einkerbung 34 groß genug ausgewählt wird, daß für die gegenüberliegenden Kanten der Lenkwelle 10 und des Zahnrads 18 trotz einer wahrscheinlichen Relativverschiebung dazwischen entsprechend einem Hohlraum zwischen dem Keil und der zugehörigen Keilnut thermische Expansion usw. zuzulassen, verbleiben die vorstehend genannten entscheidenden Kontaktpunkte immer entlang der gegenüberliegenden Kantenabschnitte der Einkerbung ungeachtet derartiger Relativverschiebungen, wobei das Zerbrechen des Keils 32 noch weiter stabilisiert wird. Die Querschnittsform der Einkerbung 34 (und auch der Einkerbung 36) kann wie in der Fig. 7 gezeigt wird modifiziert werden, um die Scharfkantigkeit der Einkerbung an deren Grundabschnitt relativ zur Breite der Keilnut an ihrem offenen Ende zu erhöhen, so daß eine verhältnismäßig große Distanz zwischen den sich gegenüberliegenden Kontaktpunkten zur Verfügung steht.

Die Tiefe der Einkerbung 34 und/oder der Einkerbung 36, die durch die Böden 34B und 36B bestimmt wird, kann entlang deren Länge wie in Fig. 8 insbesondere dessen Teil (B) gezeigt wird, konstant gehalten werden. Obgleich in diesem Fall der größere Halbabschnitt des Keils 32, der durch die Einkerbungen 34 und 36 umrandet wird, eine im wesentlichen rechtwinklige Ebenenkonfiguration hat, um mit dem Zahnrad 18 in Kontakt zu kommen, hat der kleinere Halbabschnitt des Keils 32, der durch die Einkerbungen 34 und 36 umrandet wird, eine echte sektionsweise Ebenenkonfiguration,

um mit dem Zahnrad 18 in Kontakt zu kommen, mit einer Verlängerung, senkrecht zu den Einkerbungen 34 und 36, die sich von einer zentralen Maximalverlängerung allmählich zu Null an gegenüberliegenden Seitenenden verringert, wie durch die Schraffur in Fig. 8, Teil (A) gezeigt wird, wodurch ein Spannungsbelastungsfaktor (der als die Rate einer Spannung, die in dem Bruchelement erzeugt wird und der darauf angelegten Last definiert ist), welcher die Größe der Scherspannung schafft, die in jedem Abschnitt des Querschnittsbereichs des Keils 32 links zwischen den sich gegenüberliegenden Einkerbungen 34 und 36 entlang deren Länge gemäß einer zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 einwirkenden Momentenbelastung erzeugt wird, sich wie in der Fig. 8, Teil (C) entlang der Länge des Querschnittsbereichs verändert. Wenn in diesem Fall daher die zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 einwirkenden Momentenbelastung einen Grenzwert überschreitet, beginnt der Bruch des Keils 32 an einem längsweisen zentralabschnitt des sektionsweisen Bereichs links zwischen den Einkerbungen 34 und 36. Dies erbringt den Vorteil, daß das Grenzmoment für den Beginn des Bruchs des Keils 32 scharf auf einen Momentenwert bestimmt werden kann, der dem Verlauf, der konvexen Kurve gemäß der Fig. 8, Teil (C) entspricht. Die Fig. 9 ist ein Satz von Figuren, die eine Modifikation bezüglich der Tiefe der Einkerbungen 34 und 36 in gleicher Weise wie in Fig. 8 darstellen. In diesem Ausführungsbeispiel wird die Tiefe der Einkerbungen 34 und 36 entsprechend einer bogenförmigen Kontur derart verändert, daß die Einkerbungen an deren längsweisen Zentralabschnitt flach ausgebildet sind und in Richtung deren gegenüberliegenden Seitenenden sich allmählich vertiefen. Durch diese Krümmung der Tiefenkontur, die in geeigneter Weise bestimmt wird, kann der Spannungsfaktor derart eingestellt werden, daß er entlang der Länge des Querschnittsbereichs im wesentlichen konstant bleibt, der zwischen den Einkerbungen 34 und 36 ausgebildet ist, wie in Fig. 9, Teil (C) gezeigt wird. Dieses Ausführungsbeispiel erbringt den Vorteil, daß der Bruch des Keils 32 mit Bezug auf den Zeitablauf geschärft wird, oder in anderen Worten ausgedrückt, daß wenn der Bruch des Keils 32 auftritt, der Bruch in einer kurzen Zeit nach Einbruchbeginn komplett ist. Fig. 10 zeigt eine weitere Veränderung bezüglich der Tiefe der Einkerbungen 34 und 36 in gleicher Weise, wie die Darstellung in den Fig. 8 und 9. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird die Tiefe der Einkerbungen 34 und 36 derart linear verändert, daß sie der Länge nach an dem zentralen Abschnitt der Einkerbung am flachsten ist und in Richtung zu deren gegenüberliegenden Seitenenden sich allmählich linear vergrößert. In diesem Fall zeigt der Spannungsfaktor einen konkaven Verlauf wie in Fig. 10, Teil (C) gezeigt wird. Wenn aus diesem Grund die Momentenlast, welche zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 10 auftritt einen Grenzwert erreicht hat, beginnt das Zerbrechen des Keils 32 an der der Länge nach gegenüberliegenden Enden des Keils, um so graduell in Richtung zum der Länge nach zentralen Abschnitt des Keils weiter zu laufen. Dieses Ausführungsbeispiel hat einen Vorteil, daß der Bruchverlauf sich mit Bezug auf die Größe der Momentenbelastung verstärkt bzw. sich verschärft, so daß der Bruch des Keils an den der Länge nach gegenüberliegenden Enden des sektionsweisen bzw. Querschnittsbereichs links zwischen den Einkerbungen 34 und 36 beginnt, an denen der Spannungsfaktor den höchsten Wert annimmt, wobei der Bruchverlauf sich mit Bezug auf den Zeitverlauf

ebenfalls verschärft, wenn sich der Bruch von den gegenüberliegenden Enden in Richtung zum zentralen Abschnitt parallel fortpflanzt.

Mit Bezug auf die Querschnittskonfiguration der Einkerbungen 34 und 36 ist es wünschenswert, das sie sich symmetrisch zueinander Ausrichten, wie in der Fig. 11 gezeigt wird, so daß die größte Konzentration an Scherspannung entlang einer Phantomebene auftritt, die sich zwischen den Böden 34B und 36B der Einkerbungen 34 und 36 erstreckt, welche mit einer gemeinsamen zentralen Ebene 34A und 36A der Einkerbungen 34 und 36 übereinstimmt, wodurch der Bruchbereich scharf definiert ist.

Als eine Alternative können jedoch die Einkerbungen 34 und 36 wie in der Fig. 12 gezeigt wird derart angeordnet sein, daß die zentralen Ebenen 34A und 36A der Einkerbungen 34 und 36 tangential an eine gedachte zylindrische Kurve 42 an den Böden 34B und 36B der Einkerbungen 34 und 36 anschließen, welche in der Mittelachse 26 der Lenkwelle 10 zentriert ist, so daß hierdurch ein Scherbruch des Keils 32 entlang der gedachten zylindrischen Kurve 42 bewirkt wird, wobei dabei ein Vorteil erzielt wird, daß die Scherbruchflächen der sich gegenüberliegenden Hälften des Keils 32 die durch dessen Bruch erzeugt wurden, eine Kontur aufweisen, welche genau der zylindrischen Konfiguration des ringförmigen Hohlraums zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 folgt, wodurch ein geringeres Hindernis bezüglich der freien Rotation der Lenkwelle 10 relativ zum Zahnrad 18 nach dem Bruch des Keils 32 erzeugt wird.

Obgleich der Bruchverlauf des mechanischen Sicherheitsunterbrechers gemäß der vorliegenden Erfindung durch die Verwendung eines keramischen Bruchelements wie beispielsweise der Keil 32 in den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen im wesentlichen gegen zu übertragende Wiederholungsbelastungen stabilisiert bzw. unempfindlich ist, ist der Keramikkeil natürlich nicht vollständig frei von einer Veränderung des Bruchverlaufs infolge der sich wiederholenden Belastungsfälle sowie der Alterung, wie aus der rechter Hand abfallenden geneigten Verlaufskurve gemäß der Fig. 49 ersichtlich ist. Eine Verringerung der Bruchlast des keramischen Unterbrecherelements entsprechend der Wiederholungsbelastungen und der Alterung entsprechen einer Erhöhung des Verhältnisses zwischen dem Spannungsfaktor und der Last, welche durch den mechanischen Sicherheitsunterbrecher wie in Fig. 13 gezeigt wird übertragen wird, in der die durch eine durchgezogene Linie dargestellte Verlaufskurve das Verhältnis zwischen dem Spannungsfaktor K und der Last B repräsentiert, welche durch den mechanischen Sicherheitsunterbrecher unter neuen Startbedingungen eines keramischen Sicherheitsunterbrechers übertragen wird, wobei eine solche anfängliche Verlaufskurve in Richtung zu der Verlaufskurve verschoben wird, welche durch unterbrochene Linien gezeigt ist, welche nach einer Betriebsdauer erreicht ist, so daß der Unterbrecher, welcher bei einem Belastungswert P_s ausgelöst wird, der einen Bruchspannungsfaktor K_f darstellt, bei einer niedrigeren Last P_n ausgelöst wird, wenn er für eine bestimmte Zeitdauer betrieben wird.

Die Fig. 14 und 15 zeigten Ansichten ähnlich der Fig. 2 bzw. 3, und stellen ein weiteres Ausführungsbeispiel des mechanischen Sicherheitsunterbrechers gemäß der vorliegenden Erfindung dar. In diesem Ausführungsbeispiel jedoch ist ein weiterer Satz an Keilnuten und Keil zusätzlich zu dem vorherigen Satz an Keilnuten 28 und

30 und Keil 32 vorgesehen. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der neue Satz einer sektionsweisen Keilnut 29, die in der Lenkwelle 10 ausgebildet ist und eine ähnliche Querschnittskonfiguration wie die Keilnut 28 hat, wobei eine lineare und durchgehende Keilnut 31 in dem Zahnrad 18 ausgebildet ist und ein Keramikkeil 23 mit ähnlicher Querschnittskonfiguration wie der Keil 32 jeweils halbseitig in den Keilnuten 29 und 31 aufgenommen ist, genau diametral gegenüberliegend zu dem Satz von Keilnuten 28 und 30 und den Keil 32 mit Bezug auf die Mittelachse 26 der Lenkwelle 10 vorgesehen. Es ist jedoch nicht wesentlich, daß diese zwei Sätze von Keilnuten und Keil diametrisch zueinander gegenüberliegend angeordnet sind. Fig. 16 zeigt einen Querschnitt ähnlich zu den Fig. 11 und 12, wobei die Querschnittskonfiguration des Keils 32 in dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 14 und 15 mit den zusammenwirkenden Keilnuten 28 und 30 dargestellt wird, die in Phantomlinien gezeigt sind. In ähnlicher Weise zeigt die Fig. 17 den Querschnitt des Keils 33 und der zusammenwirkenden bzw. zugehörigen Keilnuten 29 und 31 auf die gleiche Weise wie in Fig. 16, wobei 33A und 33B die gegenüberliegenden Seitenflächen des Keils 33 auf gleiche Weise bezeichnen wie die Bezugszeichen 32A und 32B mit Bezug auf den Keil 32, wobei die Bezugszeichen 35 und 36 Einkerbungen bezeichnen, die in gegenüberliegenden Seitenflächen des Keils 33 in der gleichen Weise ausgebildet sind, wie die Einkerbungen 34 und 36 mit Bezug auf den Keil 33. In den vorstehend genannten Konstruktionen der zwei Sätze von Keilnuten mit Keil, bei denen die Breite der entsprechenden Keilnuten, die Dicke der entsprechenden Keile sowie die Tiefe der entsprechenden Einkerbungen gemäß der Fig. 16 und 17 bezeichnet sind, ist die Bedingung bei der der Keil 32 zuerst ausgelöst wird, während in der Zwischenzeit der Keil 33 außer Betrieb bleibt und nach dem der Keil 32 zerbrochen ist, der Keil 32 nunmehr in Betrieb geht, um den gleichen Bruchverlauf wie der Keil 32 auszuführen, wie, im folgenden am einfachsten, vorausgesetzt, daß dann, wenn das Zentrum des Keils 32 sich mit dem Zentrum des Keilnuten 28 und 30 überlagert, das Zentrum des Keils 32 mit dem Zentrum des Keilnuten 29 und 31 überlagert:

$$\begin{aligned} W_{28} &= W_{28} < W_{30} = W_{31} \\ T_{32} &= T_{32} \\ D_{34} &= D_{36} = D_{35} = D_{37}. \end{aligned}$$

Wenn folglich die Drehmomentübertragung zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 wechselweise in beide Drehrichtungen wiederholt wird, ist es mit fortlaufender Zeitdauer lediglich der Keil 32, welcher eine Verringerung der Bruchspannung infolge von Ermüdungserscheinungen ausgesetzt ist, während der nicht im Betrieb sich befindliche Keil 33 nahezu neu verbleibt.

Mit erneutem Bezug auf Fig. 13 verschiebt sich entsprechend dem Betätigungsfortgang die Verlaufskurve des Keils 32 graduell von jener, welche durch die durchgezogene Linie dargestellt wird nach oben in Richtung der Kurve, welche gestrichelt dargestellt ist, wobei nach einem wesentlichen Betriebsablauf, wenn die Verlaufskurve des Keils 32 zu der Kurve hin verschoben wurde, die gestrichelt dargestellt ist, der Bruch des Keils 32 eintritt, falls die auf den Keil 32 einwirkende Belastung den Grenzwert P_n überschreitet. Nachdem der Keil 32 zerbrochen ist, nimmt der Keil 33 nunmehr den Betrieb auf, um einen neuen mechanischen Sicherheitsunterbre-

cher zu schaffen, der gemäß der neuen Verlaufskurve wie die durchgezogene Linie darstellt arbeitet, vorausgesetzt, daß der Keil 33 aus dem gleichen Material besteht und die gleichen Konfigurationsabmessungen hat, wie der Keil 32. Gemäß dem Ausführungsbeispiel in den Fig. 14 und 17 wird daher die Lebenserwartung des mechanischen Sicherheitsunterbrechers verdoppelt.

Die Fig. 18 bis 22 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel, welches seinerseits eine Modifikation des technischen Konzepts darstellt, wie es in der Doppelkeilanordnung gemäß der Fig. 14 und 17 ausgeführt wurde. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Doppelkeile 32 und 33 des vorhergehenden Ausführungsbeispiels durch einen mit einem Absatz ausgeführten Keil 32 ausgebildet, der einen dickeren Halbabschnitt 54 und einen dünneren Halbabschnitt 56 hat. Diese zwei Halbabschnitte 54 und 56 können als separate Keramikelemente ausgeführt sein, die entlang einer Grenzfläche 57 wie am besten in der Fig. 20 zu sehen ist, miteinander verbunden sein können, oder sie können als jeweilige Teile eines einstückigen Keramikelementes ausgeformt sein, der einen Grenzabsatz hat, welcher in einer Fläche des Keils ausgebildet ist, oder der zwei Grenzabsätze hat, die in gegenüberliegenden Flächen des Keils ausgebildet sind. Der wesentliche Punkt dieser Ausführung ist, daß der dünnere Halbabschnitt 56 dafür vorgesehen ist, leicht von dem dickeren Halbabschnitt 54 beabstandet zu werden, wenn der dickere Halbabschnitt 54 wie im nachfolgenden noch beschrieben wird zerbrochen ist. Wie aus den Fig. 18 und 20 klar zu entnehmen ist, ist das scheinbar einzelne Keramikelement 52 mit im wesentlichen der gleichen Querschnittsgesamtkonfiguration wie die Keilelemente 32 und 33 in den vorgenannten Ausführungsbeispiel ebenfalls jeweils halbseitig in der sektionsweisen Keilnut 58, welche in der Lenkwelle 10 ausgebildet ist und einer linearen Keilnut 50 eingebaut, welche in dem Zahnrad 18 ausgebildet ist, so daß ein Paar von Einkerbungen 58 und 60, welche in gegenüberliegenden Flächen 54A und 54B des sektionsweisen Halbabschnitts 54 ausgebildet sind und ein Paar von Einkerbungen 62 und 64, welche in gegenüberliegenden Flächen 56A und 56B des sektionsweisen bzw. Querschnittshalbabschnitts 56 ausgebildet sind, mit einem Abstand zwischen der äußeren Fläche der Lenkwelle 10 und der inneren Fläche des ringförmigen Zahnrads 18 in der gleichen Weise wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen übereinandergelagert sind. Gemäß dem gleichen technischen Konzept, wie in dem vorgenannten Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 14 bis 17 wird zuerst der dickere Halbabschnitt 54 des Keramikelementes 52 im wesentlichen in Betrieb genommen, um ein Moment zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 zu übertragen, während zwischenzeitlich der dünnere Halbabschnitt 56 unbetätigt bleibt.

Unter Verweis auf verschiedene Dimensionen bezüglich des Keils und der Keilnuten gemäß der Fig. 21 und 22, falls die Keilnuten 48 und 50 jeweils ausgebildet sind, um eine einheitliche Breite wie beispielsweise W48 und W50 entgegen dem dickeren Halbabschnitt 54 und dem dünneren Halbabschnitt 56 aufzuweisen, falls die Dicke T56 des dünneren Halbabschnitts 56 kleiner ist als die Dicke T54 des dickeren Halbabschnitts 54 und falls der dünnere Halbabschnitt 56 im wesentlichen den gleichen Bruchverlauf zeigt, wie der dickere Halbabschnitt 54, so daß wie in der Fig. 13 gezeigt wird, der Bruchverlauf des Keils auf die im wesentlichen gleiche Bedingung erneuert wird, wie das erneute Starten des mechanischen Sicherheitsunterbrechers gemäß der durchgezogenen

Verlaufskurve in Fig. 13, nachdem der dickere Halbabschnitt 54 zerbrochen ist entsprechend der Ermüdungsverlaufskurve gemäß der gestrichelten Linie in Fig. 13, müssen die Tiefen D62 und D64 der Einkerbungen 62 und 64 derart ausgebildet werden, daß sie kleiner sind als die Tiefen D58 und D60 der Einkerbungen 58 und 60 vorausgesetzt, daß jedes Paar von Einkerbungen symmetrisch ausgebildet sind. Es läßt sich abschätzen, daß wenn gemäß dem Ausführungsbeispiel in den Fig. 18 bis 22 das scheinbar einzelne Keramikelement 52 derart konstruiert ist, daß wenn der Bruch in dem dickeren Halbabschnitt 54 entlang der Einkerbungen 58 und 60 eingetreten ist, der dünnere Halbabschnitt 56 von den Trümmern des dickeren Halbabschnitts 54 beabstandet wird, der gleiche Betrieb zur Verdoppelung der Lebensdauer mit Keramikelementen erreichbar ist, wie in dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel.

In den vorstehend genannten Ausführungsbeispielen war der sektionsweise Keramikeil 32, 33 oder 52 mit verhältnismäßig tiefen Einkerbungen wie die Einkerbungen 34 und 36, 35 und 37, oder 58, 60, 62 und 64 ausgebildet, um den Scherabschnitt entlang des Unterbrecherelementes auszubilden, in dem der Bruch des Unterbrecherelementes eintreten sollte. Betrachtet man jedoch den Fall, daß der Keil mit einer Scherkraft entlang einer einfachen gedachten Ebene oder einer zylindrischen Kurve wie die gemäß 42 in Fig. 42 beaufschlagt wird, welche sich durch ein Paar von winzigen parallelen Hohlräumen erstreckt, die sich zwischen dem Paar von gegenüber liegenden Kanten ausbilden, die die Öffnung einer Keilnut wie jene gemäß 28, 29 oder 48 der Lenkwelle 10 sowie die Öffnung einer Keilnut wie jene der Bezugszeichen 30, 31 oder 50 des Zahnrads 18 bilden, dann ist zu erwarten, daß der Keil im wesentlichen entlang der gedachten Ebene oder Kurve zerbrechen wird, falls der Bruch erst einmal an zumindest einem Abschnitt innerhalb der gedachten Ebene oder Kurve begonnen hat, ohne durch derart tiefe Einkerbungen so bestimmt begrenzt zu werden, wie sie in den vorstehend genannten Ausführungsbeispielen ausgebildet sind. Wenn eine derartige Erwartung tatsächlich erfüllbar ist, wird die wesentliche und schwierige Arbeit für die Ausbildung einer verhältnismäßig tiefen Einkerbung wie jene gemäß dem Bezugszeichen 34 usw. durch die Reduzierung der Gesamtdicke des Keils auf eine Dimension entsprechend der Dicke zwischen den Bodenenden der Einkerbungen 34 und 36, usw. beseitigt. Es ist in der Tat eine Schwierigkeit und ein zeitraubender Prozeß eine derartige relativ tiefe Einkerbung wie jene gemäß den Bezugszeichen 34 und 36 usw. gemäß den vorstehenden Ausführungsbeispielen auszubilden, da das Keramik ein äußerst hartes Material hinsichtlich des Abschleifens mittels einer Schleifscheibe ist, und da es äußerst schwierig ist, eine hohe Präzision bezüglich des Repositionierens der Steifscheibe zu erzielen, wenn die Schleifscheibe während der Ausbildung einer Einkerbung durch eine neue ersetzt werden muß, ist es normalerweise zwingend, eine einzige Schleifscheibe zu verwenden, um eine Einkerbung bis zum Schluß auszubilden. Für den Fall, daß die Kante der Schleifscheibe sich im Verlauf des Schleifvorgangs abnutzt, entsteht hier ein weiteres schwieriges Problem, daß die Genauigkeit der Querschnittskontur der Einkerbung infolge der Abnutzungserscheinung der Schleifscheibe begrenzt ist.

Die Fig. 23 bis 25 zeigen ein Ausführungsbeispiel in dem versucht wurde, einen sektionsweisen Keramikeil 132 zu schaffen, der im wesentlichen die gleiche äußere Konfiguration hat, wie die Keile 32 oder 33 in den vor-

hergehenden Ausführungsbeispielen. Der Keil 132 in diesem Ausführungsbeispiel jedoch hat keine derartigen Einkerbungen wie jene Einkerbungen gemäß den Bezugszeichen 34 und 36 in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen. Statt dessen ist der Keil 132 mit einem Paar von punktförmigen Einkerbungen 134 und 136 ausgebildet, die durch einen sektionsweisen Spalt 138 oder 140 begleitet sind, der zum Zeitpunkt der Ausbildung der entsprechenden Kerbe durch einen Knoopkopf hervorgerufen wird, wie im nachfolgenden beschrieben wird.

Wenn der Schlag- bzw. Stanzkopf 146 gegen einen Keramikkeil 132 wie in der Fig. 26 gezeigt ist, gedrückt wird, und wenn der Schlagkopf 146 ein Wickerskopf ist, mit einer Spitze aus einer genau quadratischen Pyramide, werden durch die Kerbe zwei Spalte hervorgerufen, welche sich entlang der Achse 147 des Schlagkopfs überqueren, während falls der Schlagkopf 146 ein Knoopkopf mit einer Spitze einer Rommbuspyramide ist (die für gewöhnlich Winkel von 130° vs. $172^\circ 30'$ hat), dann wird ein einzelner Spalt 138 hervorgerufen, der sich entlang der längeren Achse des Rommbus ausrichtet, um eine Kerbe 134 zu begleiten, welche die Form der Rommbuspyramide des Knoopkopfs ständig deformierend widerspiegelt.

Es wurde herausgefunden, daß falls der sektionsweise Keramikkeil 132, der mit der Knoopkerbe 134 und dem sektionsweisen Spalt 138 gemäß der Fig. 23 bis 25 derart ausgebildet ist, daß die längere Achse der Rommbuspyramide sich entlang einer geraden Linie entsprechend der Einkerbung 34 oder 36 in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen ausrichtet bei einer Ausbildung einer entsprechenden ähnlichen Knoopkerbe 136, die durch einen entsprechenden sektionsweisen Spalt 140 begleitet ist, der in der gegenüberliegenden Fläche 132B ausgebildet ist, entlang der Linie entsprechend der Einkerbung 34 oder 36 zerbrochen wird, wenn er zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 aus die gleiche Weise eingebaut wird, wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, wobei eine Hälfte in der Keilnut 28 aufgenommen wird, während die andere Hälfte in der Keilnut 30 aufgenommen ist. Als ein Ergebnis wurde bestätigt, daß der Bruch immer entweder an der Knoopkerbe 134 oder 136 entsprechend der Richtung der beaufschlagenden Scherkraft beginnt, so daß der Bruch ungefähr entlang der Linie entsprechend der Einkerbung 34 oder 36 verläuft. Es wurde ebenfalls bestätigt, daß die Bruchfestigkeit innerhalb einer Abweichung von ungefähr 3% durch die Kontrolle der Tiefe der Knoopkerbe geregelt werden kann. Folglich wurde bestätigt, daß die Keilkonstruktion gemäß der Fig. 23 bis 25 ebenfalls ein betriebsfähiges Ausführungsbeispiel des mechanischen Sicherheitsunterbrechers gemäß der vorliegenden Erfindung ist. Das gleiche Experiment wurde weiter geführt, indem drei Paare von Knoopkerben 134 und 136 unter Begleitung sektionsweiser Spalte 138 und 140 entlang einer Linie 142 geschaffen wurden, entlang der der Bruch des Keils wie in den Fig. 27 bis 29 gezeigt ist, eintreten sollte. Als ein Ergebnis hiervon wurde bestätigt, daß der Bruch des Keils mit größerer Genauigkeit entlang der Linie 142 auftritt. Es wurde ebenfalls bestätigt, daß die Bruchfestigkeit ebenfalls innerhalb einer Abweichung von ungefähr 3% durch die Kontrolle der Tiefe der Knoopkerben geregelt werden kann. Aus diesem Grund ist die Konstruktion gemäß der Fig. 27 bis 29 ebenfalls ein weiteres betriebsfähiges Ausführungsbeispiel des mechanischen Sicherheitsunterbrechers gemäß der vorliegenden Erfindung. Überdies wird

auf der Basis der Konstruktion gemäß der Fig. 23 bis 25 und 27 bis 29 vorausgesetzt, daß andere Anzahlen von Knoopkerben ebenfalls effektiv funktionieren, vorausgesetzt, daß sie übereinstimmend zueinander angeordnet sind, um einen gewünschten Bruchbereich auszubilden.

Anstelle eines senkrechten Pressens des Knoopkopfs 146 in die Fläche des Keramikkeils gemäß der Fig. 26, wird der Knoopkopf 146 entlang der Fläche des Keramikkeils verschoben, wenn der darin um eine geringere Tiefe eingepreßt ist, beginnend von einem Kantenabschnitt der Fläche, wie in Fig. 30, Teil (A) gezeigt ist, um wie in den Teilen B und C fortzufahren, so daß ein linearer Riß 135 mit geringerer Tiefe als die vorstehend genannte Knoopkerbe 134 unter Begleitung eines linearen Spalts 137 ausgebildet wird. Die Fig. 31 bis 33 sind ähnliche Ansichten wie die Fig. 23 bis 25 oder 27 bis 29 und zeigen einen Keramikkeil 132, der mit einem Paar linearer Risse bzw. Kratzer 135 und 137 mit entsprechenden linearen Spalten 139 und 141 entlang der Linie 142 ausgebildet ist. Als ein Ergebnis derselben Ausführungsexperimente wurde bestätigt, daß diese, linearen Kratzer und Spalte nutzbar sind, um den Bruchabschnitt des Keramikkeils präzise zu definieren. Aus diesem Grund ist die Konstruktion gemäß der Fig. 31 bis 33 ebenfalls ein nutzbares Ausführungsbeispiel des mechanischen Sicherheitsunterbrechers gemäß der vorliegenden Erfindung. Mit Bezug auf jene Konstruktionen gemäß der Fig. 23 bis 25, 27 bis 29 und 31 bis 33, wobei der Bruchabschnitt des Keramikkeils durch eine Knoopkerbe begleitet durch eine sektionsweisen Spalt definiert ist, der um die Knoopkerbe herum ausgebildet ist, oder durch einen linearen Riß bzw. Kratzer der durch einen Knoopkopf ausgebildet und von einem linearen Kratzer begleitet wird, würde eine Besorgnis bestehen, daß die Bruchbelastung des Keils infolge eines Anwachsens des sektionsweisen Spalts oder des linearen Spalts unter der Lastanwendung sich relativ schnell verringert. Die Keile mit derartigen Konstruktionen wurden mit Bezug auf die Veränderung der Bruchbelastung entsprechend dem Zeitraum der Lastanwendungen oder der Alterung getestet. Die Ergebnisse sind in Fig. 34 gezeigt, wobei die Strichlinie den Verlauf der Keile zeigt, die mit Knoopkerben begleitet von sektionsweisen Rissen, wie in den Fig. 23 bis 25 oder 27 bis 29 gezeigt wird, ausgebildet sind, während die durchgezogene Linie den Verlauf des in den Fig. 31 bis 33 gezeigten Keils darstellt, der mit dem linearen Riß durch den Knoopkopf begleitet von dem linearen Spalt ausgebildet ist. Von diesem Testergebnissen läßt sich Abschätzen, daß in beiden Konstruktionen die Verringerung der Bruchbelastung im Verlauf einer Belastungsperiode innerhalb eines praktisch akzeptablen Bereichs liegt. Hierin läßt sich ebenfalls abschätzen, daß die Verringerungsrate der Bruchbelastung über den Belastungszeitraum hinweg geringfügig niedriger für die Konstruktion des linearen Knoopkopfs mit dem linearen Spalt ist, als für die Konstruktion der Knoopkerbe mit dem sektionsweisen Spalt.

Bei Beachtung, daß die Verringerung der Bruchbelastung über den Gesamtverlauf der Belastungszeit zumindest teilweise durch chemische Reaktionen der keramischen Kristalle mit der Feuchtigkeit oder Halogenelemente verursacht wird, die in der Atmosphärenluft enthalten sind, insbesondere an jenem Abschnitt, in dem eine Spannungskonzentration auftritt, die um die Knoopkerbe, Knoopriß und Spalte auftritt, wurde das Keramikelement mit der Konstruktion gemäß der Fig. 23 bis 25 eingehüllt wie in den Fig. 35 bis 37 gezeigt ist,

wobei das Bezugszeichen 148 eine Harzschicht bezeichnet, die sich über die gesamte Außenfläche des Keils 132 und desweiteren in den Knoopkerben 134 und 136 sowie in den Sektionsweisen Spalte 138 und 140 erstreckt. Ein derartiger Harzüberzug wurde in einer Weise vorgesehen, wie sie in der Fig. 38 gezeigt ist, wobei ein dickflüssiger Harz 154 in einem Gefäß 156 enthalten war und der Keil 132 auf einem Sockel 158 aufgelagert war, der auf dem Boden des Gefäßes plaziert war, um komplett in dem dickflüssigen Harz versenkt zu werden. In diesem Zustand wurde der Knoopkopf 146 in die obere Fläche des Keils 132 eingedrückt. Die Fig. 39 zeigt ein Ergebnis der ausgeführten Experimente, um die Wirkung der Harzbeschichtung zu bestätigen, die um das Keilelement wie in den Fig. 35 und 37 gemäß dem Verfahren nach Fig. 38 vorgesehen ist. Von diesem Ergebnis gemäß der Fig. 39 läßt sich abschätzen, daß die Harzbeschichtung dazu beiträgt, den mechanischen Sicherheitsunterbrecher gemäß vorliegender Erfindung bezüglich der Unterdrückung der Reduktion der Bruchbelastung zumindest infolge einer Alterung zu verbessern.

Angesichts des Falles, daß die Verringerung der Bruchbelastung des Keramikkeils infolge chemischer Reaktionen der Keramikristalle mit der Feuchtigkeit oder in der Atmosphärenluft enthaltenen Halogenelementen an solchen Abschnitten, wesentlicher wird, an denen die Keramikristalle der Spannungskonzentration ausgesetzt sind, die um die Knoopkerben, die Knooprisse und die Spalte herum erzeugt werden, kann die Harzbeschichtungsstruktur wie in den Fig. 40 und 41 gezeigt wird verbessert werden, wobei der Harzüberzug lediglich um die Knoopkerben um die Spalte herum vorgesehen ist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel sind ein Paar von flachen Nuten 150 und 152 von rechtwinkligen Querschnitt in den gegenüberliegenden Flächen 132A und 132B des Keramikkeilelements 132 ausgebildet, bevor die Knoopkerben 134 und 136 zusammen mit den entsprechenden sektionsweisen Spalten 138 und 140 ausgebildet werden, so daß für den Fall, bei dem die Harzbeschichtungen um die Knoopkerben 134 und 136 herum ausgebildet werden, um die um diese herum ausgebildeten konkaven Abschnitte zu füllen, die Harzbeschichtungen mit verstärkenden Rippenabschnitten 148 vorgesehen sind, welche dazu dienen, die Harzbeschichtungen stabil zu stützen, die die Knoopkerben 134 und 136 sowie die sektionsweisen Spalte 138 und 140 bedecken.

Es dürfte für einen Fachmann offensichtlich sein, daß die Technik der Beschichtung des Keilelements als ganzes oder insbesondere der Knoopkerben und der sektionsweisen Spaltenabschnitte durch einen Harzüberzug natürlich auch auf das Keilelement angewendet werden kann, welches mit linearen Rissen, die mittels des Knoopkopfes hergestellt sind, in Begleitung der linearen Spalte ausgebildet ist, um die gleichen Verbesserungen zu erhalten. Desweiteren ist es ebenfalls ersichtlich, daß diese Technik auch bei dem Keilelementen anwendbar ist, die mit Nuten 34, 36 usw. für den gleichen Zweck ausgebildet sind.

Um den Bruch des Keramikkeilelements entlang dem Rand zwischen der Außenfläche der Lenkwelle und der Innenfläche des ringförmigen Zahnrades wie in den zahlreichen vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen hervorzuheben, ist auch ein weiteres Ausführungsbeispiel möglich, wie es in den Fig. 42 und 43 dargestellt ist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist eine sektionsweise Keramikkeilkonstruktion, die generell durch die Bezugszahl 232 gekennzeichnet ist und im

wesentlichen die gleiche äußere Konfiguration hat, wie die Keile 32 in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, aus einem sektionsweisen Keramikplattenelement 260 mit der gleichen Abschnittskontur wie die Keile 32 sowie zwei Paaren von Plattenelementen 262, 264 und 266, 268 zusammengebaut, die an sich gegenüberliegenden Flächen des Plattenelements 260 befestigt sind, um die gleiche sektionsweise Außenkontur zu schaffen, wie das Plattenelement 260 wodurch lineare Ränder 270 und 272 an sich gegenüber liegenden Seiten des Plattenelements entlang einer Linie 262 entsprechend der linearen Einkerbungen 34 und 36 des Keils 32 in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen ausgebildet werden. Die Plattenelemente 262, 264, 266 und 268 können wünschenswerter Weise auch aus einem keramischen Material gefertigt sein und jeweils an das Plattenelement 260 durch ein Befestigungsmaterial angebracht sein, welches die gleiche Zusammensetzung aufweist wie das Sintermaterial des Keramikmaterials, welches das Plattenelement 260 aufbaut, wobei das Anhaften bzw. Befestigen durch ein "hot static pressing" — Verfahren" oder ähnlichem ausgeführt wird. Es wurde auch bestätigt, daß das Keilelement dieser Gattung, falls es anstelle des Keilelements 32 in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen mit den Randlinien 270 und 272 verwendet wird, welche sich entlang dem Hohlraum zwischen dem Außenfläche 38 der Lenkwelle 10 und der Innenfläche 40 des Zahnrads 18 ausrichten, so daß der Halbabschnitt, der von dem Plattenelementen 262 und 264 sandwichartig umgeben ist, in der Nut 28 aufgenommen wird, während der Halbabschnitt, welcher durch die Plattenelemente 266 und 268 sandwichartig umgeben ist, in der Nut 30 aufgenommen wird, in einem Bereich, des Plattenelements 360 entsprechend der Randlinien 270 und 272 gebrochen wird, falls die Momentbelastung, welche zwischen der Lenkwelle 10 und dem Zahnrad 18 auftritt, den vorbestimmten Grenzwert überschreitet.

Der mechanische Sicherheitsunterbrecher, der einen keramischen Unterbrecher gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet, kann in einem fremdkraftunterstützten Lenksystem mit einer in der Fig. 1 gezeigten Konstruktion gemäß einer modifizierten Konstruktion verwendet werden, welche geringfügig von den vorhergehend genannten Ausführungsbeispielen wie in den Fig. 44 und 46 gezeigt ist, abweicht. In diesem Ausführungsbeispiel ist ein Keramikkeil innerhalb eines Zahnrades eingesetzt, welches seinerseits dem Zahnrad 18 entspricht. Wie in diesen Figuren gezeigt wird, ist ein deartiges Zahnrad 318 so ausgebildet, um ein inneres ringförmiges Bauteil 320 aufzuweisen, welches eine zylindrische Außenfläche 322 und eine Zentralbohrung 324 hat, die dafür vorgesehen ist, die Lenkwelle 10 hierin aufzunehmen, und drehmomentübertragungsfähig darauf montiert zu werden, wobei ein äußeres ringförmiges Bauteil 326 mit einer zylindrischen Innenfläche 328 gleitfähig um die zylindrische Außenfläche 322 in Eingriff ist und äußere Zahnradzähne 330 aufweist. Das innere ringförmige Bauteil 320 ist mit einer radialen Keilnut 332 und einem Anschlußhohlraum 334 ausgebildet, der sich um die Keilnut 332 in einem deren Öffnungsbereich erstreckt um den Öffnungsendabschnitt der Keilnut 332 zu erweitern. Das äußere Ringbauteil 326 ist andererseits mit einer radialen Keilnut 336 ausgebildet, die dafür vorgesehen ist, radial der Keilnut 332 des inneren Ringbauteils 320 gegenüber zu liegen, wobei die Keilnut 336 sich ebenfalls axial erstreckt, um sich an einem axialen Ende des äußeren Ringbauteils 326 für

eine vorteilhaftere Montage der Vorrichtung zu öffnen ein Keramikkeil 336 mit einer Form eines quadratischen Stifts bzw. Stange ist halbseitig in die Keilnut 332 des inneren Ringbauteils und in die Keilnut 336 des äußeren Ringbauteils eingebaut, um den Anschlußhohlraum 334 zu durchqueren. Wenn in diesem Ausführungsbeispiel ein Momentenlast auf das Zahnrad 318 aufgebracht wird, wird der Keil 338 mit einer entsprechenden Belastung beaufschlagt, welche prinzipiell einer Biegebelastung entspricht, die an einem Abschnitt des Keils sich konzentriert, der sich durch den Anschlußhohlraum 334 erstreckt. Das Keramikmaterial weist ebenfalls einen Bruchfestigkeitsverlauf gegen Biegung auf, welcher bezüglich Belastungswiederholungen sich wesentlich im geringeren Maße verringert, als metallisches Material, wie es auch bei der Bruchfestigkeit gegen Scherung der Fall ist. Durch Einsetzen des Keramikkeils auf eine Weise, in der der Keil einer Biegebelastung wie in diesem Ausführungsbeispiel ausgesetzt wird, wird daher auch ein mechanischer Sicherheitsunterbrecher bezüglich seinem Stabilitätsverlauf über einen langzeitlichen Lastwiederholungsbetrieb verbessert.

Für eine Fachmann liegt es auf der Hand, daß ein Anschlußhohlraum ähnlich zu dem Anschlußhohlraum 334 an einem Öffnungsendabschnitt der Keilnut 336 des äußeren Ringbauteils 326 anstelle oder zusätzlich zu dem Anschlußhohlraum 334 vorgesehen werden kann, um dem Keil 338 eine Funktion als ein Biegebruchelement zukommen zu lassen.

Die Fig. 47 ist eine Ansicht ähnlich der Fig. 46, und zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, in dem ein Keramikkeil ebenfalls im wesentlichen in einem Biegebetrieb verwendet wird. In diesem Ausführungsbeispiel ist ein inneres Ringbauteil 320 und ein äußeres Ringbauteil 326 entsprechend zu jenen gemäß der Fig. 46 mit axial sich überlappenden ringförmigen Abschnitten 320A bzw. 326A ausgebildet. Diese überlappenden Ringabschnitte sind im wesentlichen in axialer Richtung voneinander durch einen ringförmigen Vorsprung 320B beabstandet, um einen im wesentlichen ringförmigen Hohlraum 340 dazwischen auszubilden. Die axial überlappenden ringförmigen Abschnitte 320A und 326A sind jeweils mit axialen Keilnuten 342 und 344 ausgebildet, die sich gegenüberliegen. Die Keilnuten 342 und 344 sind in diesem Ausführungsbeispiel jeweils als zylindrische Bohrungen ausgebildet, wobei ein Keramikkeil 346 mit einer zylindrischen Stangenkonfiguration jeweils halbseitig in die Keilnuten 342 und 344 eingebaut ist, während er den Hohlraum 340 mit seinem Mittenabschnitt durchquert. Wenn in diesem Ausführungsbeispiel eine Momentenlast auf das Zahnrad 318 aufgebracht wird, wird der Keramikkeil 346 im wesentlichen einer Biegebelastung ausgesetzt, die sich in dem durch den Hohlraum 340 sich erstreckenden Mittenabschnitt konzentriert, wobei für den Fall, das die Momentenbelastung einen vorbestimmten Wert überschreitet, der Keramikkeil 346 an dem durch den Hohlraum 340 sich erstreckenden Abschnitt zerbricht.

Für den Fachmann liegt es auf der Hand, daß die sich verbiegenden Keilkonstruktionen gemäß der Fig. 45 bis 47 in einer Richtung modifiziert werden können, wobei eine Doppelkeilkonstruktion ähnlich zu der gemäß der Fig. 14 bis 17 oder eine gestufte bzw. abgesetzte Keilkonstruktion ähnlich zu der gemäß der in Fig. 18 bis 22 geschaffen wird, so daß im wesentlichen eine verdoppelte Lebenserwartung des mechanischen Sicherheitsunterbrechers möglich ist. Der mechanische Sicherheitsunterbrecher, der einen Keramikunterbrecherelement

gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet, kann desweiteren dahingehend konstruiert sein, daß das keramische Unterbrecherelement in der Weise einer Torsion belastet wird. Ein solches Ausführungsbeispiel ist in der Fig. 48 in einer Konstruktion gezeigt, die in der Ausgangswelle eines Motors 20 des fremdkraftunterstützten Lenkungssystems gemäß der Fig. 1 eingesetzt ist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Ausgangswelle des Motors 20 so konstruiert, daß ein erster Wellenabschnitt 348 unmittelbar mit einem Rotor des in der Figur nicht gezeigten Motors verbunden ist, ein zweiter Wellenabschnitt 350 unmittelbar mit dem Kegelrad 22 verbunden ist, in dem er sich koaxial zum ersten Wellenabschnitt 348 ausrichtet und ein Keramikkeil 352 momentübertragungsfähig an die axial sich gegenüberliegenden Endabschnitte des ersten und zweiten Wellenabschnitts 348 und 350 angeschlossen ist. Der Keil 352 hat eine Konfiguration eines rechtwinkligen Plattenelements und wird an seinen sich gegenüberliegenden Endabschnitten in entsprechender Keilnuten 354 und 356, die an den sich gegenüberliegenden Endabschnitten des ersten und zweiten Wellenabschnitts 348 und 350 jeweils ausgebildet sind aufgenommen, um einen Drehmoment zwischen dem ersten und zweiten Wellenabschnitt zu übertragen. Die Wellenabschnitte 348 und 350 werden durch Lager 358 bzw. 360 jeweils drehbar gelagert. Wenn eine Momentenbelastung zwischen dem ersten und zweiten Wellenabschnitt 348 und 350 in eine der beiden Drehrichtungen eingeleitet wird, wird der Keramikkeil 352 um die gemeinsame Mittelachse durch den ersten und zweiten Wellenabschnitt 348 und 350 und das Zahnrad 22 tordiert bzw. verwunden, wobei dann, wenn die Momentenbelastung einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet, der Keramikkeil 352 durch die Torsion zerbrochen wird. Es wurde auch bestätigt, das der Keramikkeil 352 in dieser Konstruktion einen gut stabilisierten Bruchverlauf bezüglich Lastwiederholungen wie in den vorgehenden Ausführungsbeispielen aufweist, in welchen die Keramikkeile grundsätzlich auf Scherung oder Biegung belastet wurden.

Obgleich die vorliegende Erfindung im einzelnen anhand der vorstehend genannten bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, liegt es für den Fachmann auf der Hand, das unterschiedliche Modifikationen der gezeigten Ausführungsbeispiele und anderer Ausführungsbeispiel möglich sind, ohne den technischen Umfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ein mechanischer Sicherheitsunterbrecher für das Lösen einer mechanischen Verbindung zwischen zwei mechanischen Bauteilen zu einem Zeitpunkt, in dem eine über die Verbindung der beiden Bauteile zu übertragende Kraft einen vorbestimmten Wert überschreitet durch die Verwendung eines Überlastungselements, welches aus Keramik gefertigt ist, Ein keramisches Unterbrechungselement weist einen langzeitlichen stabilen Bruchverlauf insbesondere dann auf, wenn die aufgebrachte Belastung eine Wiederholungsbelastung, d. h., eine Wechsel- bzw. Schwellbelastung ist.

Patentansprüche

1. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher mit einem ersten und zweiten mechanischen Bauteil (10, 18; 320, 318) die derart angeordnet sind, daß eine Kraft zwischen ihnen übertragbar ist, um einen vorbestimmten mechanischen Betrieb auszuführen, so wie einem Unterbrecherelement (32, 33, 52, 132,

232, 338, 346, 352), welches zwischen dem ersten und dem zweiten Bauteil derart eingesetzt ist, daß die Kraft zwischen dem ersten und dem zweiten mechanischen Bauteil ausschließlich über das Unterbrecherelement übertragbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Unterbrecherelement im wesentlichen aus einem keramischen Material gefertigt ist.

2. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Unterbrecherelement (32, 33, 52, 132, 232) ein Plattenelement ist, das dafür vorgesehen ist, die Kraft durch Scherung entlang einem Querschnittsbereich in einem Mittenabschnitt des Unterbrecherelements in einer ebenen Ausdehnung zu übertragen.

3. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnittsbereich des Plattenelements (32, 33, 52) durch ein Paar von Kerben (34, 36; 35, 37; 58, 60; 62, 64) bestimmt ist, welche in sich gegenüberliegenden Flächen des Plattenelements ausgebildet sind und sich im wesentlichen zueinander über die Dicke des Plattenelements ausrichten.

4. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Plattenelement (32) eine sektionsweise oder Schnittkonfiguration mit den Einkerbungen (34, 36) hat, die parallel zu einer geraden Kante (32C) des Plattenelements ausgebildet sind, um einen Mittelabschnitt der sektionsweisen Konfiguration zu durchqueren, wobei die Tiefe der Kerben entlang der Länge verändert ist, um an einem Zentralabschnitt dieser Länge am geringsten und an gegenüberliegenden Enden dieser Länge am größten zu sein.

5. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefe der Kerben (34, 36) sich bogenförmig verändert, um konvex bogenförmige gegenüberliegende Kanten des Querschnittsbereichs auszubilden.

6. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefe der Kerben (34, 36) sich linear verändert, und in linearer Weise konvexe, sich gegenüberliegende Kanten des Querschnittsbereichs auszubilden.

7. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Plattenelement (32) eine sektionsweise oder Querschnittskonfiguration mit den Kerben (34, 36) hat, die parallel zu einer geraden Kante (32C) der Konfiguration ausgebildet sind, um einen Mittelabschnitt der sektionsweisen Konfiguration zu durchqueren, wobei die Tiefe der Kerben entlang ihrer Länge im wesentlichen konstant ist.

8. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das erste mechanische Bauteil (10) eine zylindrische Außenfläche (38) und eine im wesentlichen radiale erste Keilnut (28) hat, die zur zylindrischen Außenfläche hin geöffnet ist, während das zweite mechanische Bauteil (18) eine zylindrische Innenfläche (40) für einen Gleiteingriff mit der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils sowie eine im wesentlichen radiale zweite Keilnut (30) hat, die zur zylindrischen Innenfläche hin geöffnet und derart ausgebildet ist, daß sie sich mit der ersten Keilnut überlagert, wobei das Plattenelement (32) jeweils halbseitig in der ersten und zweiten Keilnut an gegenüberliegenden Halbabschnitten des Plattenele-

ments so eingebaut ist, daß es eine Scherung in dessen Dickenrichtung entlang dem Querschnittsbereich durch eine Relativdrehbewegung des ersten und zweiten mechanischen Bauteils aussetzbar ist, wobei das Paar an Kerben (34, 36) derart angeordnet sind, daß Zentralebenen (34A, 36A) des Kerbenpaares sich tangential an eine gedachte zylindrische Kurve (42) anschließen, welche in einer Mittelachse der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils an Böden (34B, 36B) der Kerben zentriert ist, um auf diese Weise einen Scherbruch des Plattenelements entlang der gedachten zylindrischen Kurve hervorzurufen.

9. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnittsbereich des Plattenelements durch zumindest einem Paar von Knoopkerben (134, 136) begleitet von entsprechenden sektionsweisen Spalten oder Rissen (138, 140) bestimmt ist, die in gegenüberliegenden Flächen (132A, 132B) des Plattenelements (132) so ausgebildet sind, daß sie sich im wesentlichen über die Dicke des Plattenelements zueinander ausrichten.

10. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnittsbereich des Plattenelements durch zumindest drei Paaren an Knoopkerben (134, 136) begleitet von zugehörigen sektionsweisen Spalten (138, 140) bestimmt ist, die in gegenüberliegenden Flächen (132A, 132B) des Plattenelements (132) ausgebildet sind, wobei jedes Paar an Knoopkerben samt zugehöriger sektionsweiser Spalten im wesentlichen quer über die Dicke des Plattenelements sich zueinander ausrichten, während die zumindest drei Paare an Knoopkerben und die zugehörigen sektionsweisen Spalte so übereinstimmen, daß sie den Querschnittsbereich ausbilden.

11. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnittsbereich des Plattenelements durch ein Paar lineare Risse (135, 137), ausgebildet durch einen Knoopkopf (146) bestimmt ist, die von zugehörigen linearen Spalten (139, 141) begleitet sind, die in gegenüberliegenden Flächen (132A, 132B) des Plattenelements (132) so ausgebildet sind, daß sie sich im wesentlichen quer über die Dicke des Plattenelements hinweg zueinander ausrichten.

12. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Plattenelement (232) eine Baugruppe von zumindest einem ersten, zweiten und dritten Plattenelement (260, 262, 264, 266, 268) darstellt, wobei zumindest das erste Plattenelement (260) aus Keramik gefertigt ist, und das zweite und dritte Plattenelement (262, 266; 264, 268) an eine Fläche des ersten Plattenelements so befestigt ist, daß ein Spalt (270, 272) dazwischen ausgebildet wird, um einen Bruch des ersten Plattenelements entlang einem Abschnitt herbeizuführen, der sich an dem Schlitz ausrichtet.

13. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das keramische Unterbrecherelement mit einer Beschichtung (148) aus einem Harz überzogen ist.

14. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste mechanische Bauteil (10, 320) eine zylindrische Außenfläche (38, 322) sowie eine im wesentlichen radiale erste Keilnut (28, 29, 48, 332) hat, die zur zylindrischen Innenfläche hin geöffnet ist, während das zweite mechanische Bauteil (18, 320) eine zylindrische Innenfläche (40, 322) sowie eine im wesentlichen radiale zweite Keilnut (30, 29, 48, 332) hat, die zur zylindrischen Außenfläche hin geöffnet ist, wobei die erste Keilnut (28, 29, 48, 332) und die zweite Keilnut (30, 29, 48, 332) derart ausgebildet sind, daß sie sich mit der ersten Keilnut überlagern, wobei das Plattenelement (32) jeweils halbseitig in der ersten und zweiten Keilnut an gegenüberliegenden Halbabschnitten des Plattenelements eingebaut ist, so daß es eine Scherung in dessen Dickenrichtung entlang dem Querschnittsbereich durch eine Relativdrehbewegung des ersten und zweiten mechanischen Bauteils aussetzbar ist, wobei das Paar an Kerben (34, 36) derart angeordnet sind, daß Zentralebenen (34A, 36A) des Kerbenpaares sich tangential an eine gedachte zylindrische Kurve (42) anschließen, welche in einer Mittelachse der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils an Böden (34B, 36B) der Kerben zentriert ist, um auf diese Weise einen Scherbruch des Plattenelements entlang der gedachten zylindrischen Kurve hervorzurufen.

drischen Außenfläche hin geöffnet ist, während das zweite mechanische Bauteil (18, 318) eine zylindrische Innenfläche (40, 328) für einen Gleiteingriff mit der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils sowie eine im wesentlichen radiale zweite Keilnut (30, 31, 50, 336) hat, die zur zylindrischen Innenfläche hin geöffnet und dafür vorgesehen ist, sich mit der ersten Keilnut auszurichten, wobei das Sicherheitsunterbrecherelement (32, 33, 52, 338) ein Keil ist, der jeweils halbseitig in die erste und zweite Keilnut an gegenüberliegenden Halbabschnitten des Keils so eingebaut ist, daß ein Moment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil um eine Achse übertragbar ist, die eine Mittelachse der zylindrischen Außenfläche des ersten mechanischen Bauteils entspricht.

15. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Keilnut (28, 29, 30, 31) jeweils so ausgeformt sind, daß eine Kante an einem deren Öffnungsende bestimmt wird, welche als eine Scherkante bezüglich des Keils (32, 33, 52) über den mittleren Querschnittsbereich des Keils wirkt.

16. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der ersten und zweiten Keilnuten (332, 336) mit einem Anschlußhohlraum (334) zur Aufweitung eines Öffnungsendes der Nut ausgebildet ist, um einen Hohlraum zu schaffen, in dem der Keil (338) im wesentlichen eine Biegebelastung durch ein hierdurch zu übertragendes Moment ausgesetzt ist.

17. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste mechanische Bauteil (320) eine ringförmige Fläche hat, die um eine Rotationsachse drehbar ist, sowie eine erste Keilnut (342), die zur ringförmigen Fläche hin geöffnet ist, der an das zweite mechanische Bauteil (318) eine ringförmige Fläche gegenüber der ringförmigen Fläche des ersten mechanischen Bauteils mit einem wesentlichen Hohlraum (340) dazwischen hat, wobei eine zweite Keilnut (344) zur ringförmigen Fläche hin geöffnet ist und mit der ersten Keilnut in Überlagerung bringbar ist, wobei das Unterbrecherelement ein Keil (346) ist, der jeweils halbseitig in der ersten und zweiten Keilnut (342, 346) an gegenüberliegenden Halbabschnitten einsetzbar ist, wobei ein Mittelabschnitt des Keils den Hohlraum (340) überquert, um ein Moment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil um die Rotationsachse übertragen.

18. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach einem der Ansprüche 14, bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Keilnut (28, 29, 332, 342; 30, 31, 336, 344) und der Keil (32, 33, 38, 346) der darin aufgenommen ist, in zweifacher Ausführung um die Mittelachse vorgesehen sind, so daß dann, wenn ein erster Satz an Keilnuten (28, 30, 332, 336, 342, 344) und Keil (32, 338, 346) so betrieben sind, daß im wesentlichen ein Moment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil übertragen wird, ein zweiter Satz an Keilnuten (29, 31, 332, 336; 342, 344) und Keil (33, 338, 346) unbetätigt ist, und für den Fall, daß der Keil (32, 338, 346) des ersten Satzes an Keilnuten und Keil zerbrochen ist, der zweite Satz an Keilnuten und Keil in Betrieb genommen wird, um im wesentlichen ein Drehmoment zwischen dem ersten und dem zwei-

ten mechanischen Bauteil zu übertragen.

19. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Keil (52) eine abgesetzte oder gestufte Dicke hat, wobei ein verhältnismäßig dicker Halbabschnitt (54) und ein relativ dünner Halbabschnitt (56) so ausgebildet ist, daß dann, wenn der dickere Halbabschnitt (54) betrieben wird, um im wesentlichen ein Drehmoment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil zu übertragen, der dünnere Halbabschnitt (56) nicht in Betrieb ist, während dann, wenn der dickere Halbabschnitt (54) zerbrochen ist, der dünnere Halbabschnitt (56) in Betrieb geht, um im wesentlichen ein Moment zwischen dem ersten und zweiten mechanischen Bauteil zu übertragen.

20. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und zweite mechanische Bauteil (348, 350) jeweils Rotationsbauteile sind, die um eine gemeinsame Rotationsachse drehbar sowie axial voneinander entlang dieser Rotationsachse beabstandet sind, wobei das Unterbrecherelement (352) ein Bauteil ist, welches die axial gegenüberliegenden Endabschnitte des ersten und zweiten mechanischen Bauteils miteinander zu verbinden, um ein Moment dazwischen durch Aufnahme einer darauf angelegten Torsionsbelastung zu übertragen.

21. Mechanischer Sicherheitsunterbrecher nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das erste mechanische Bauteil (10, 320, 350) ein Bauteil ist, welches sich im Einklang mit einem manuellen Lenkungssystem eines Fahrzeugs zu bewegen, während das zweite mechanische Bauteil (18, 318, 348) ein Bauteil ist, welches sich im Einklang mit einer unterstützenden Lenkungsquelle (20) des Fahrzeugs bewegt.

Hierzu 22 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

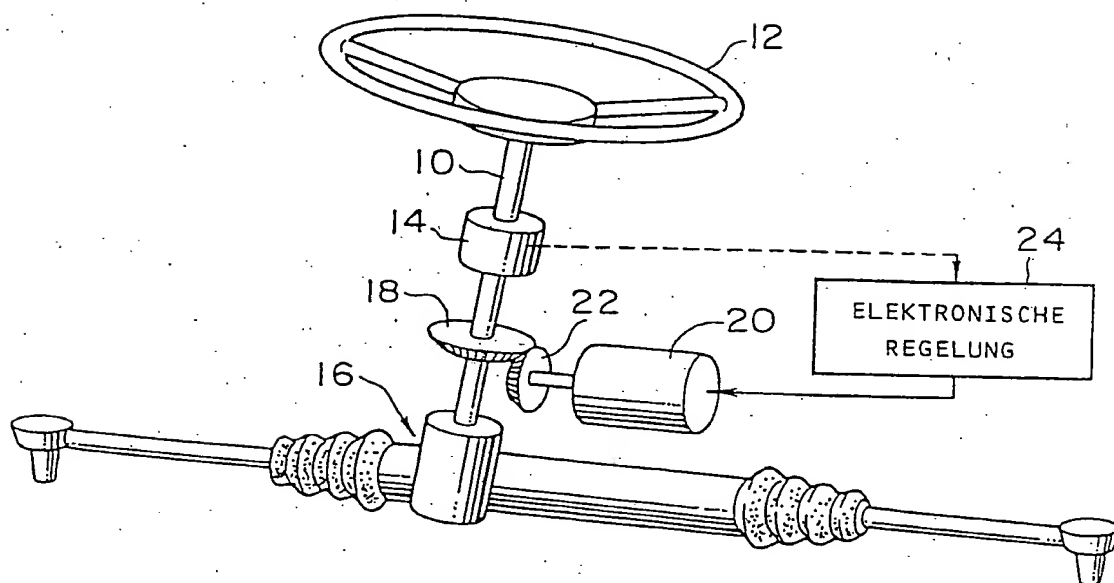


FIG. 2

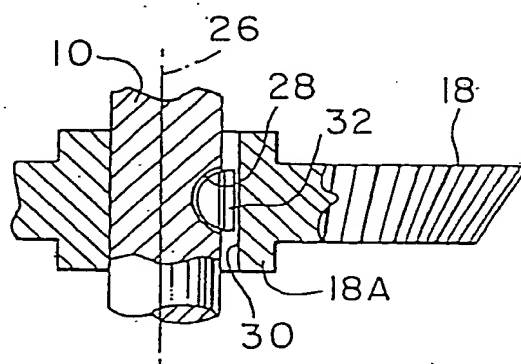


FIG. 3

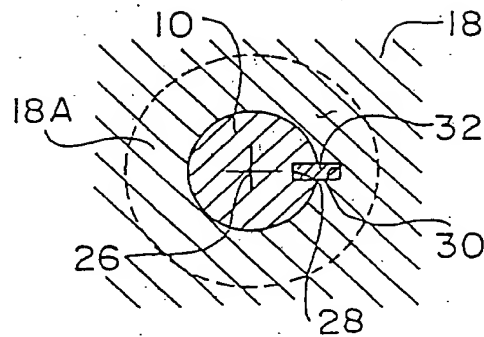


FIG. 4

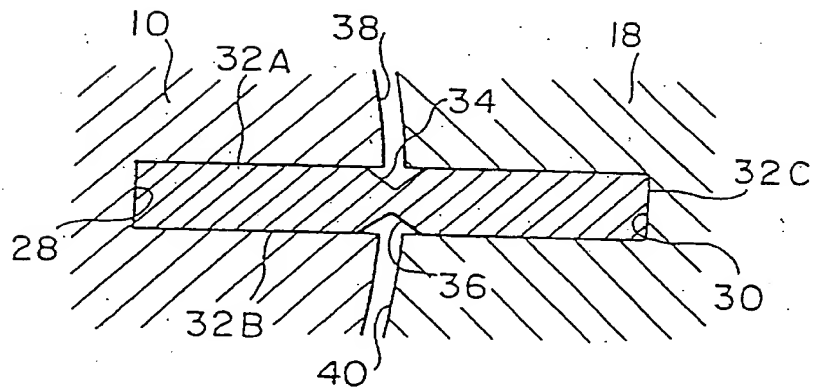


FIG. 5

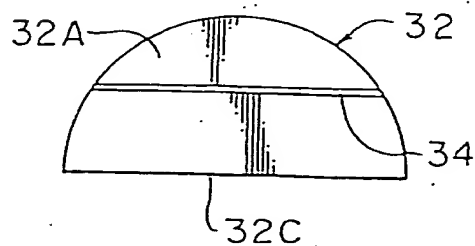


FIG. 6

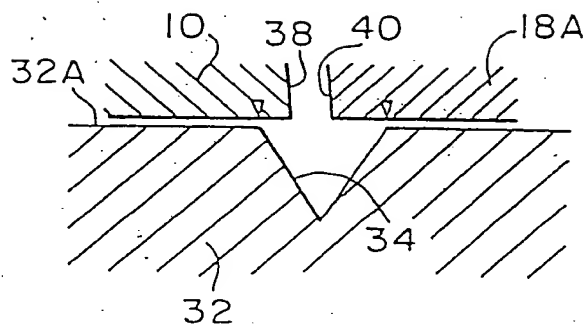


FIG. 7

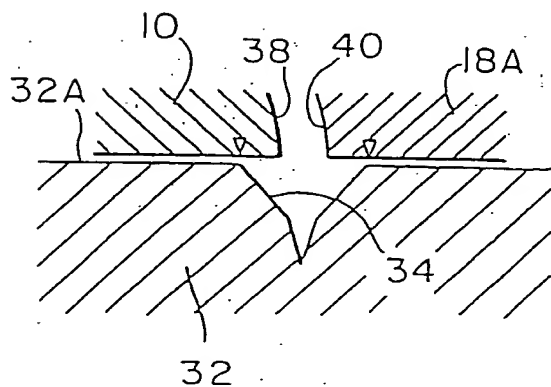


FIG. 8

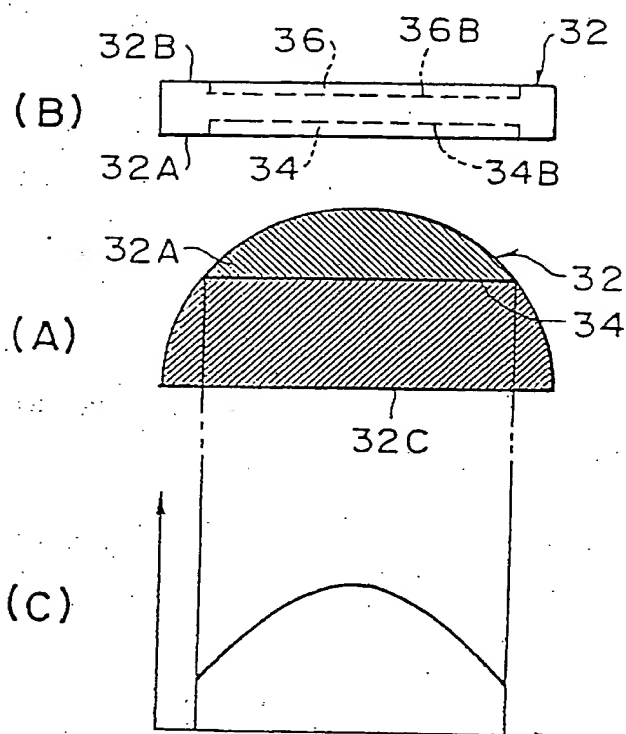


FIG. 9

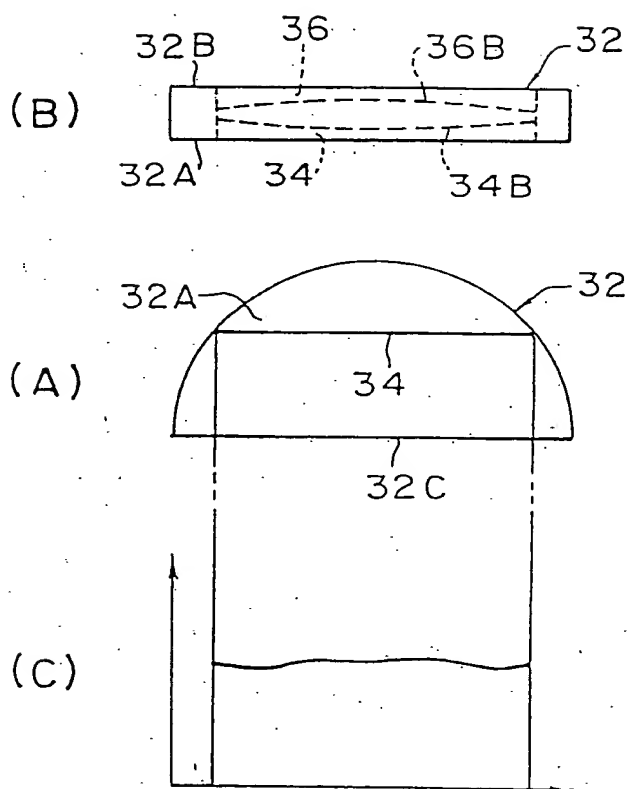


FIG. 10

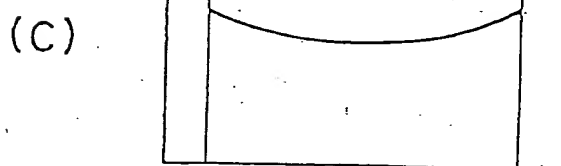
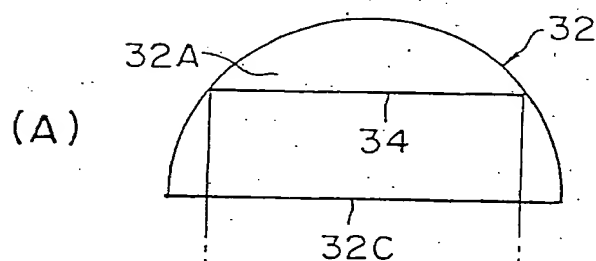
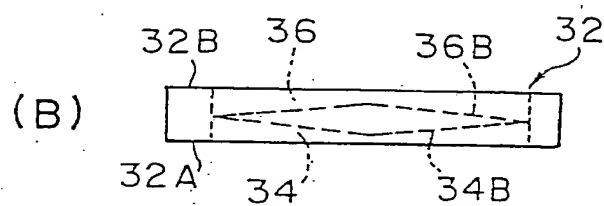


FIG. 11

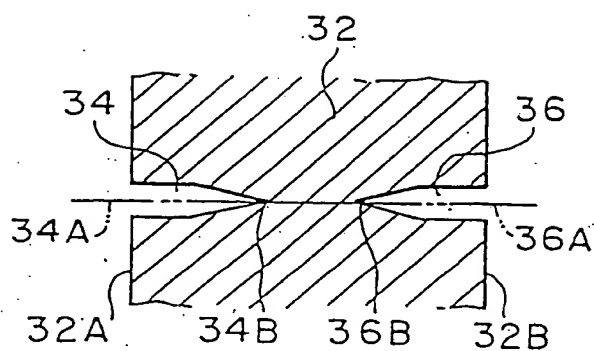


FIG. 12

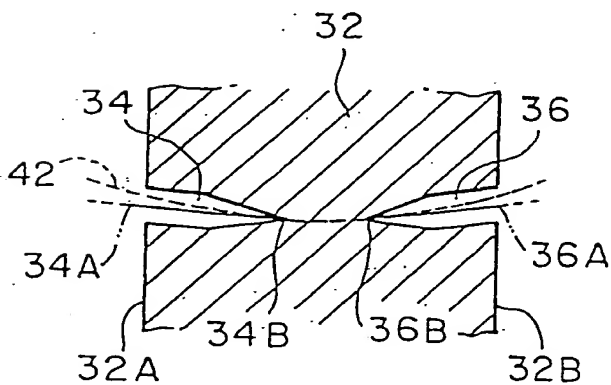


FIG. 13

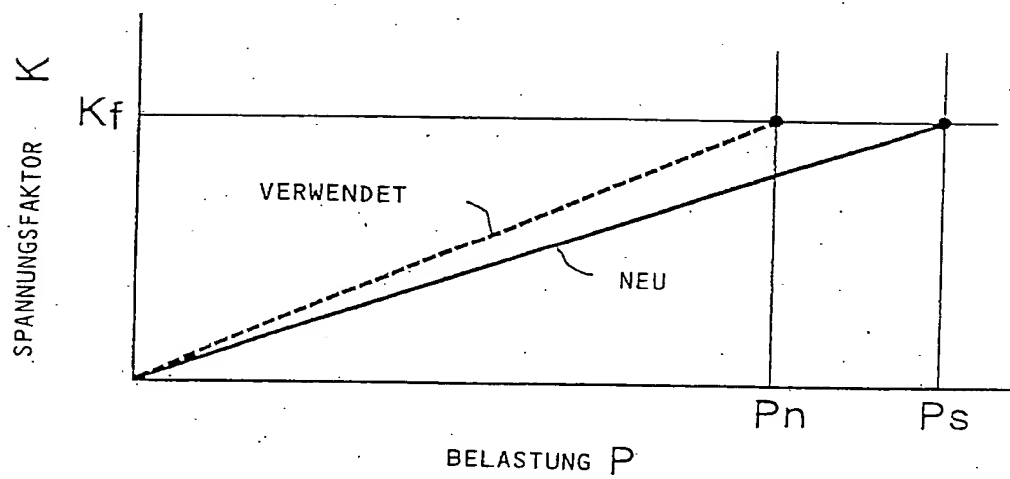


FIG. 14

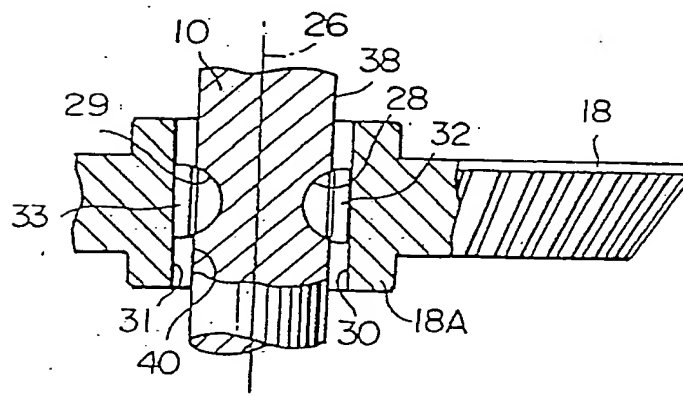


FIG. 15

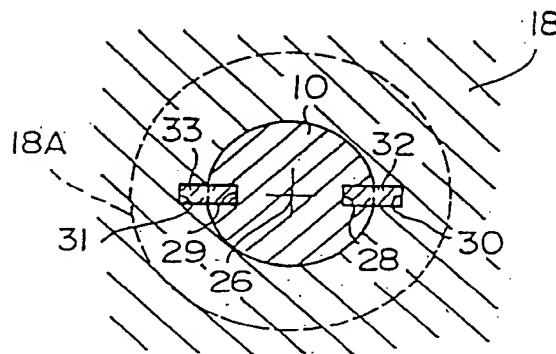


FIG. 16

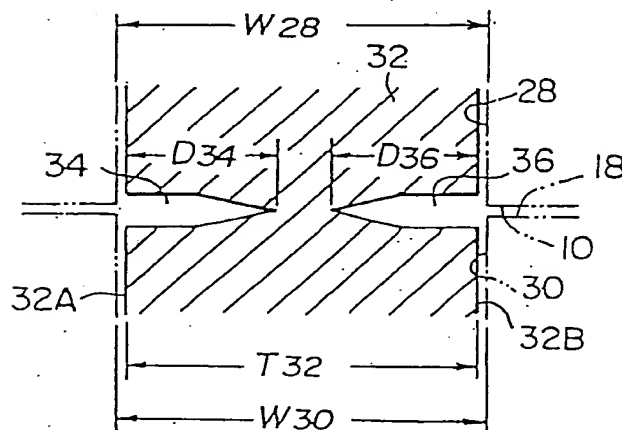


FIG. 17

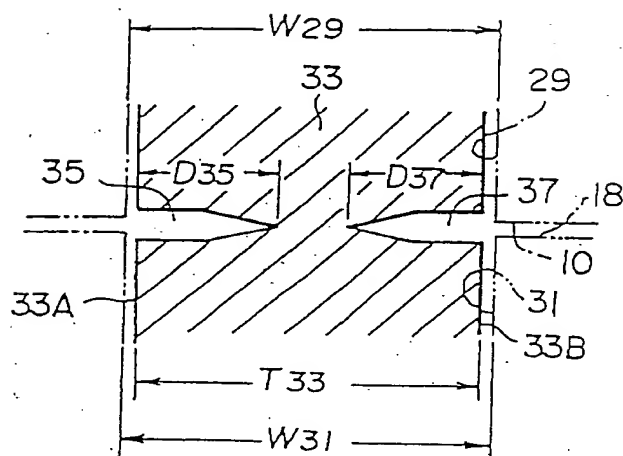


FIG. 18

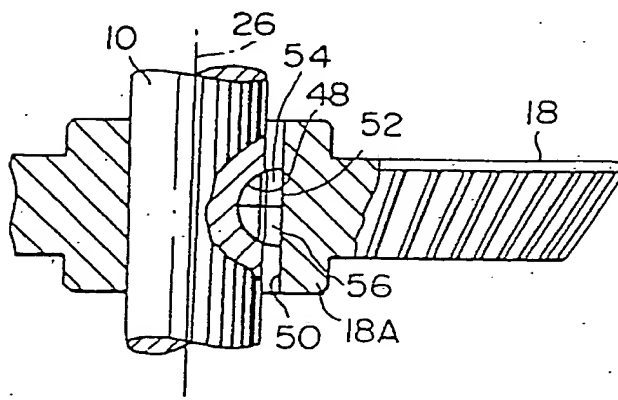


FIG. 19

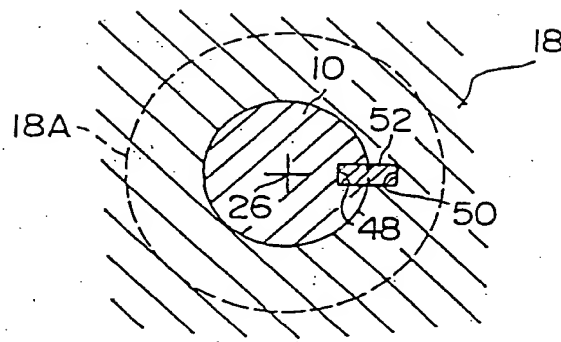


FIG. 20

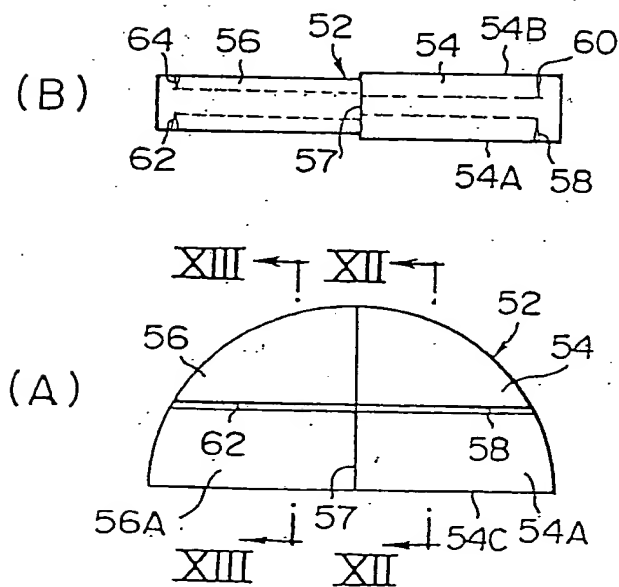


FIG. 23

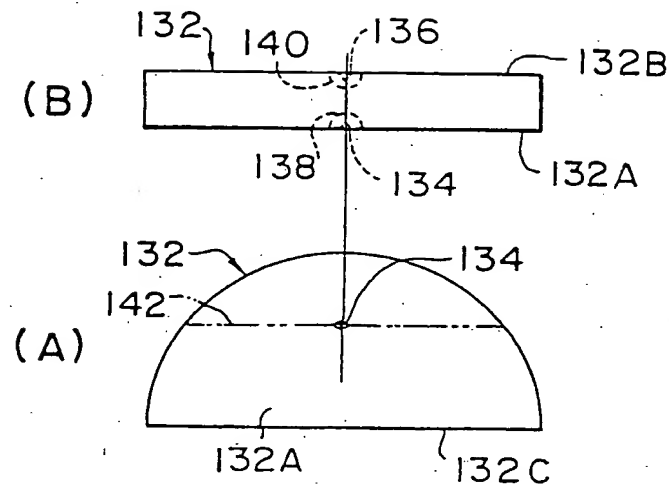


FIG. 24

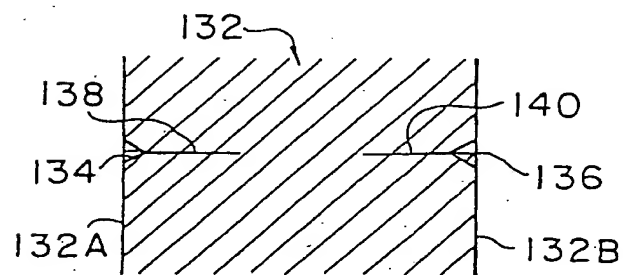


FIG. 25

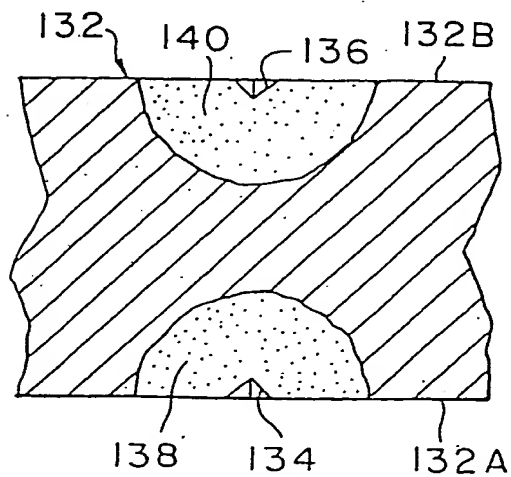


FIG. 26

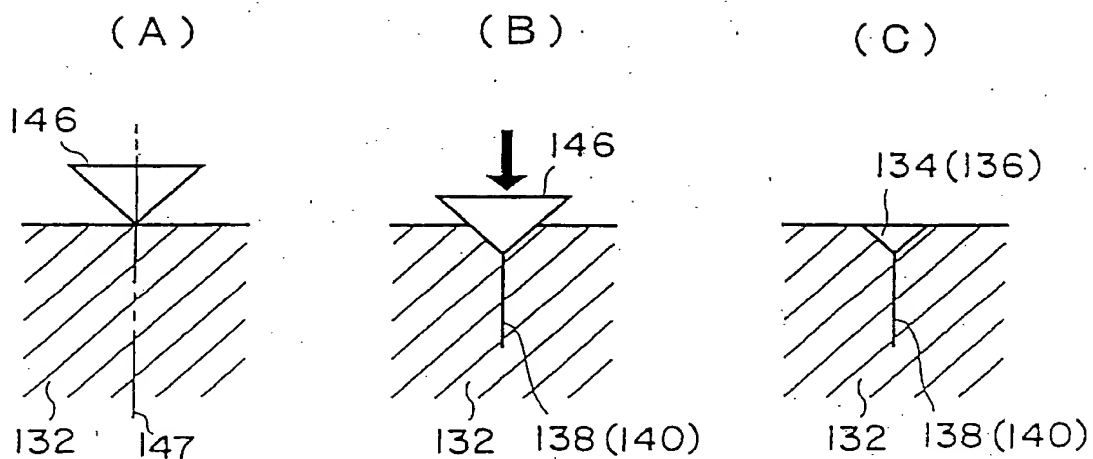


FIG. 30

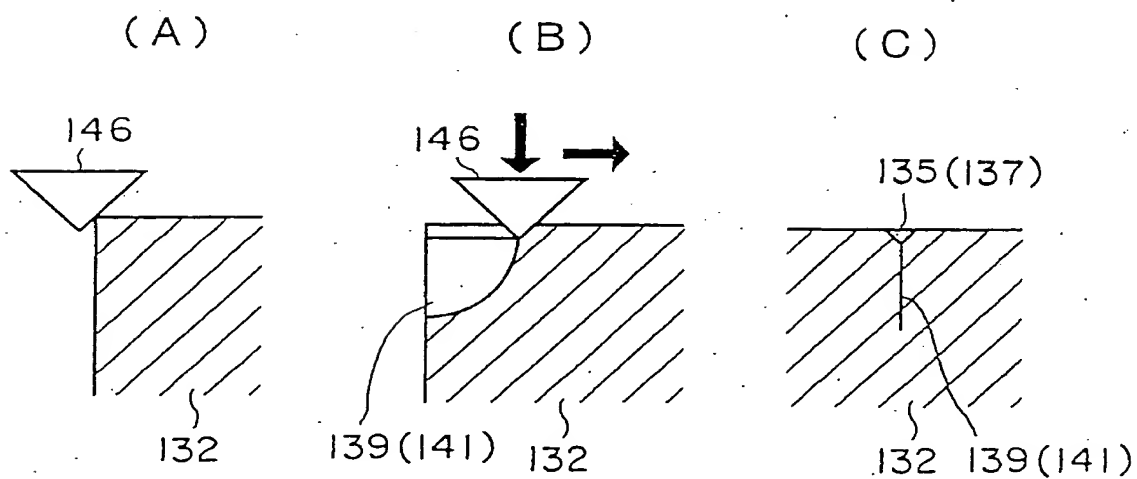


FIG. 27

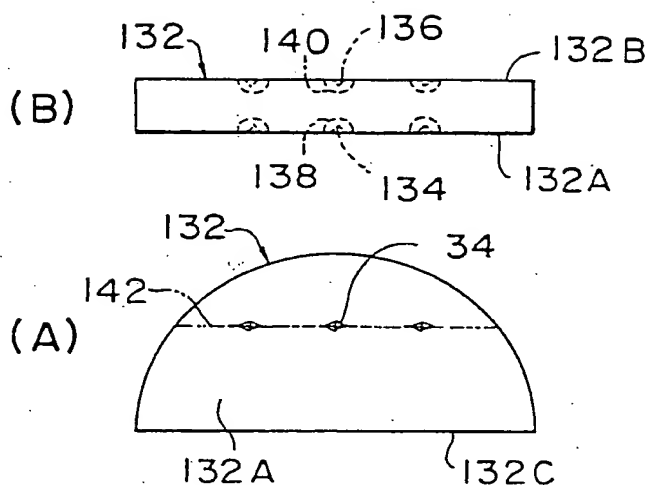


FIG. 28

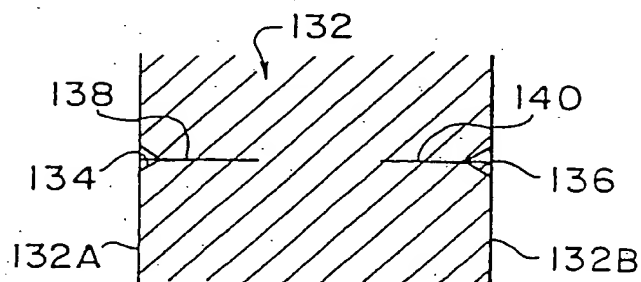


FIG. 29

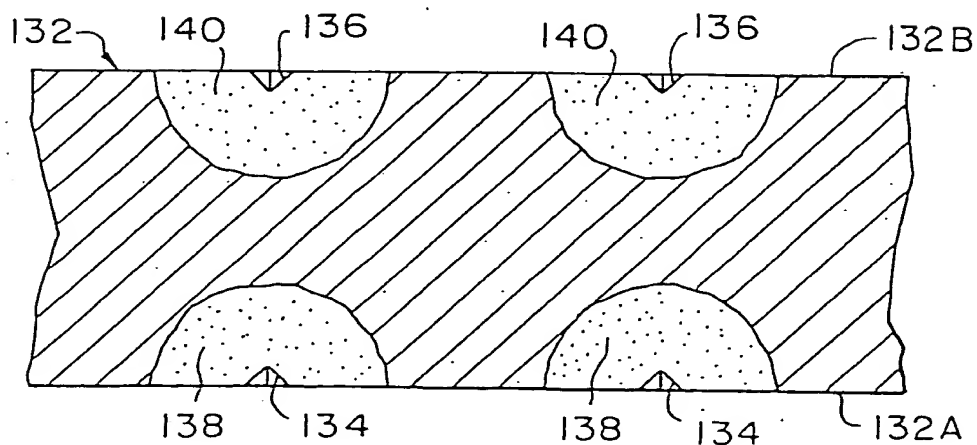


FIG. 31

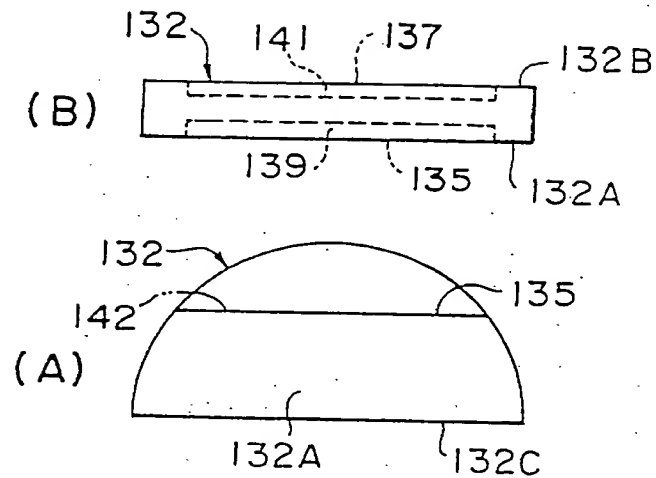


FIG. 32

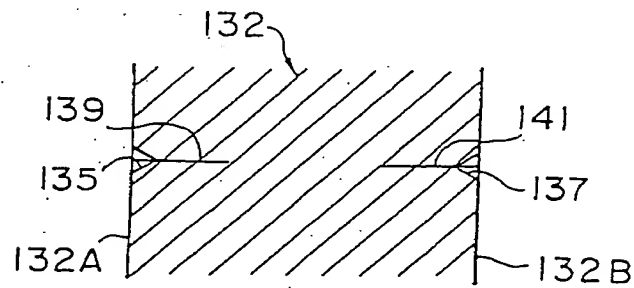


FIG. 33

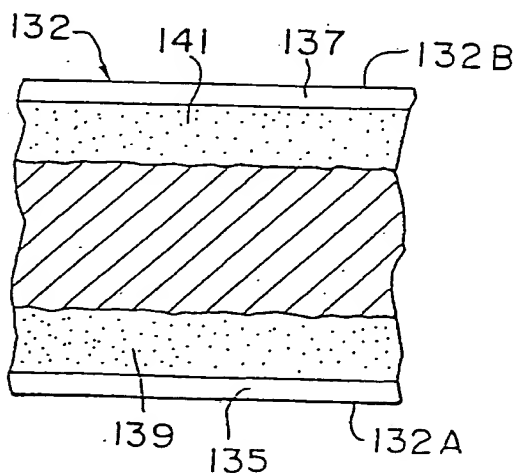


FIG. 34

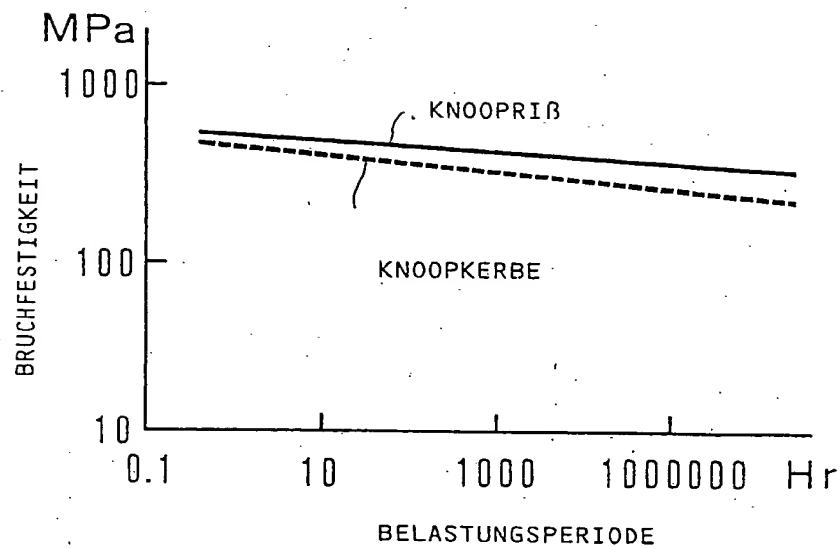


FIG. 39

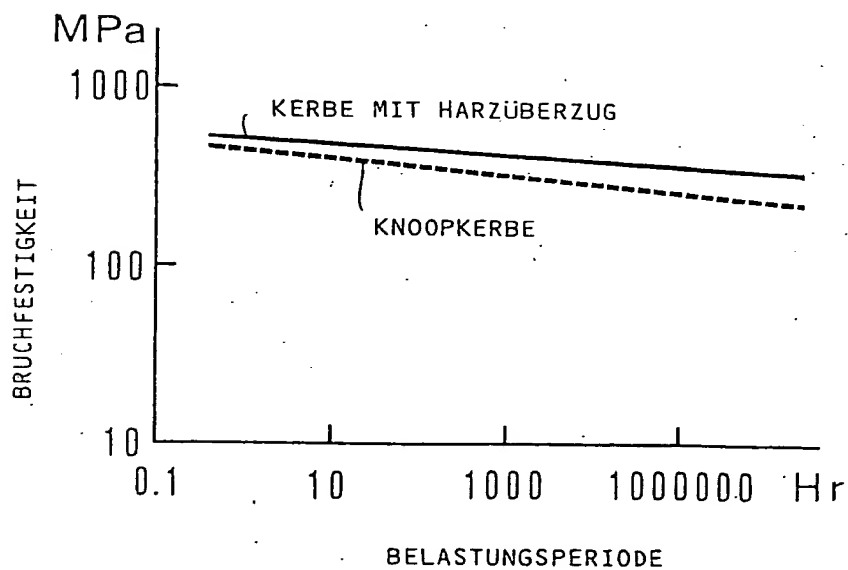


FIG. 35

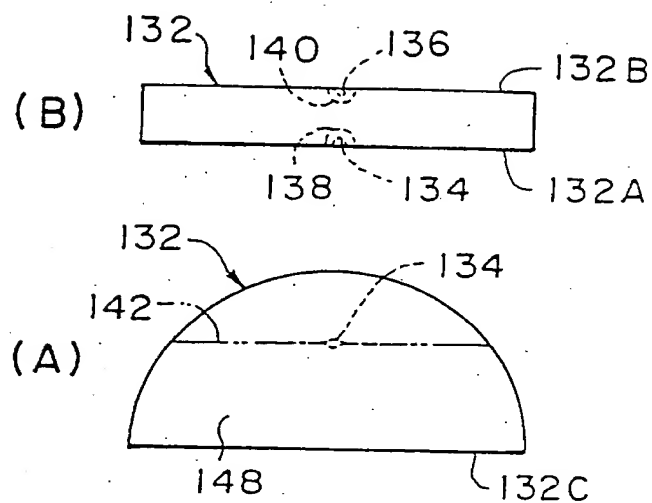


FIG. 36

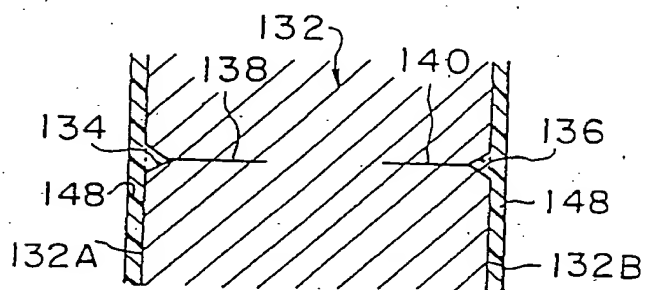


FIG. 37

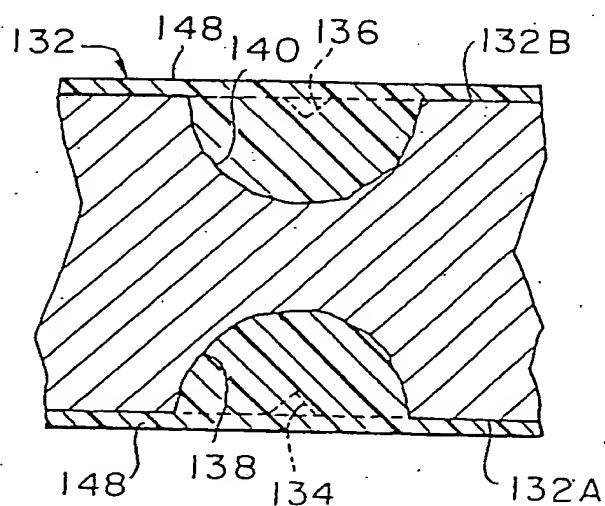


FIG. 38

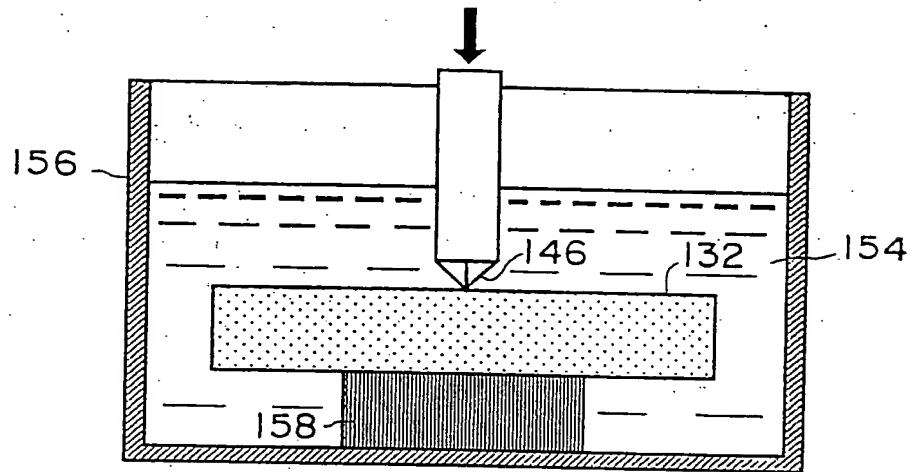


FIG. 40

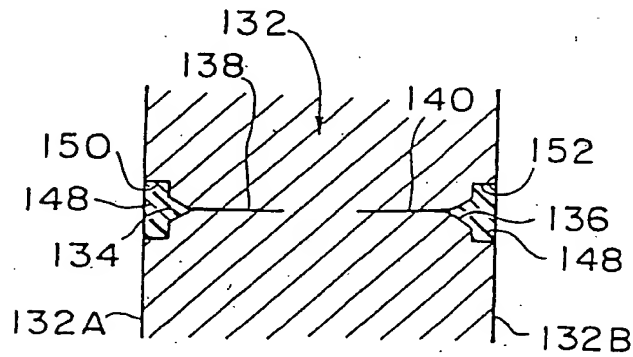


FIG. 41

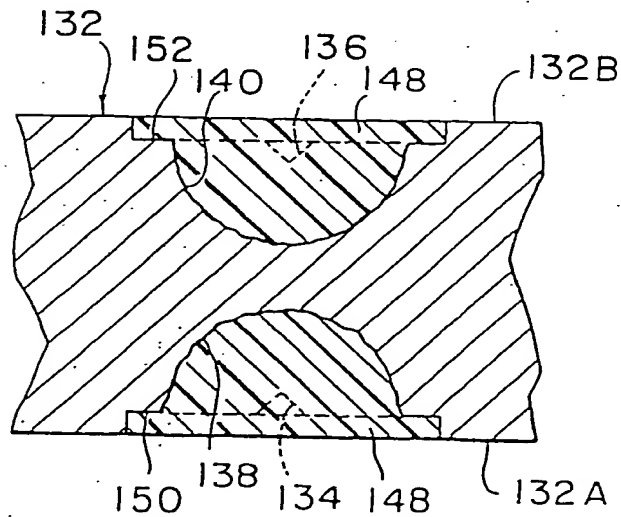


FIG. 42

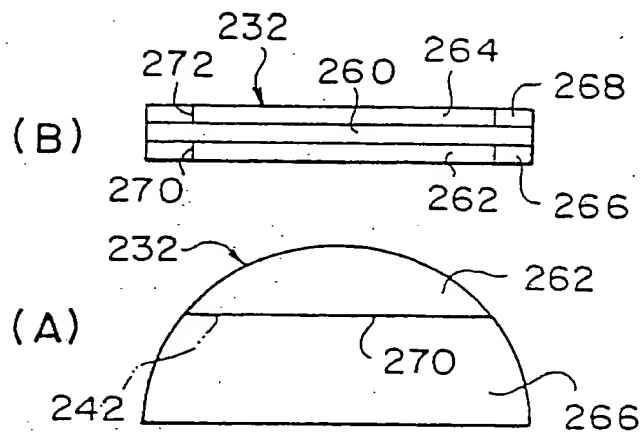


FIG. 43

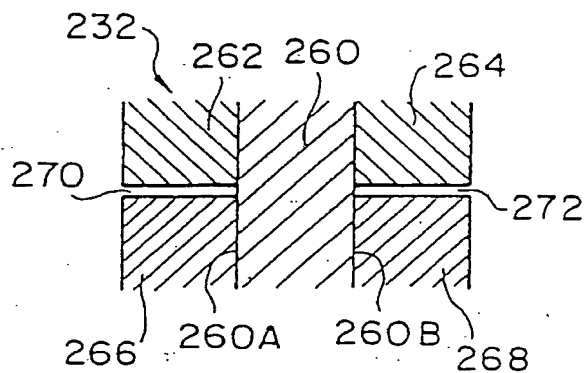


FIG. 44

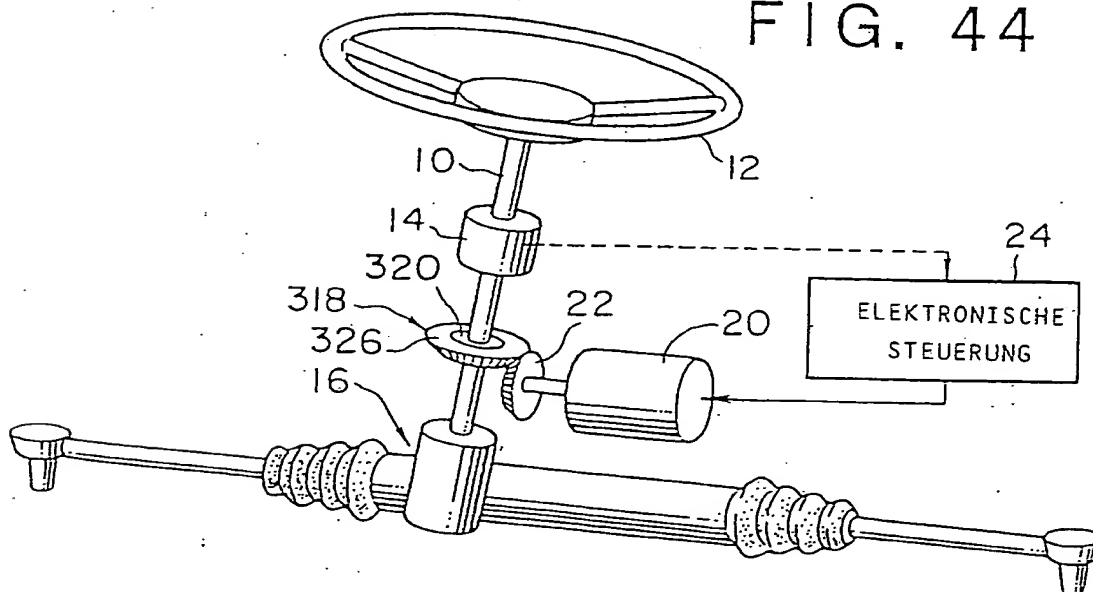


FIG. 45

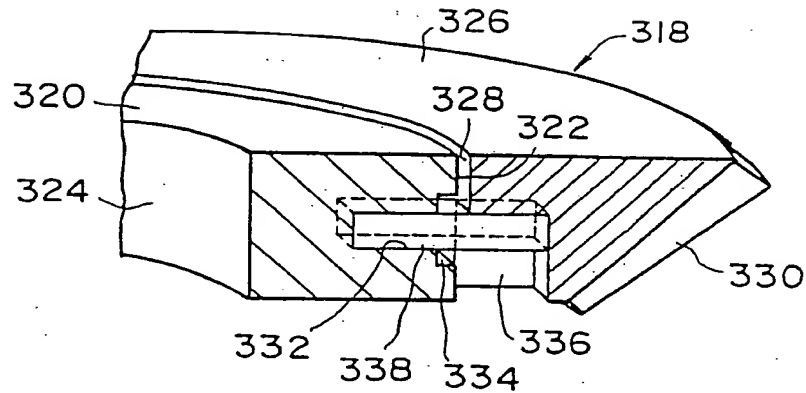


FIG. 46

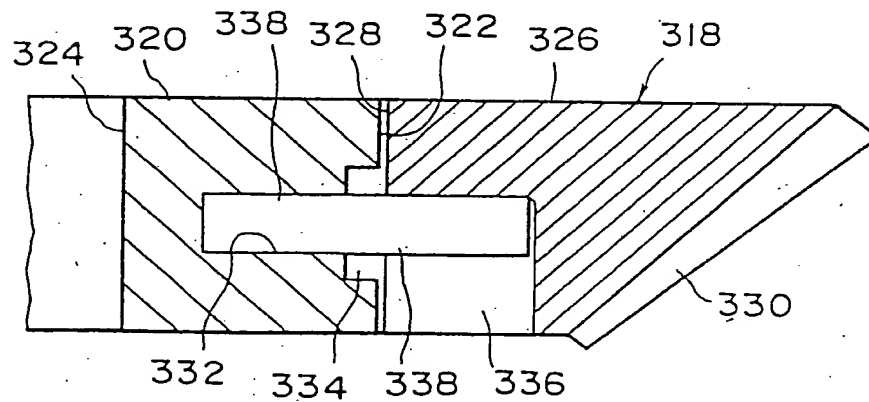


FIG. 47

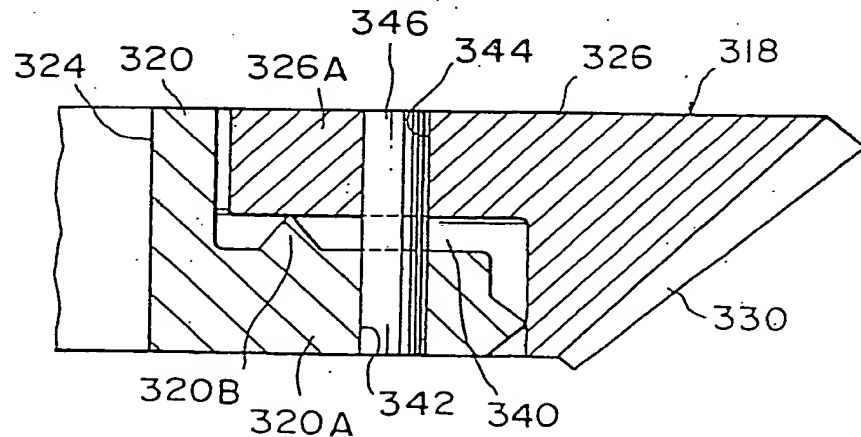


FIG. 48

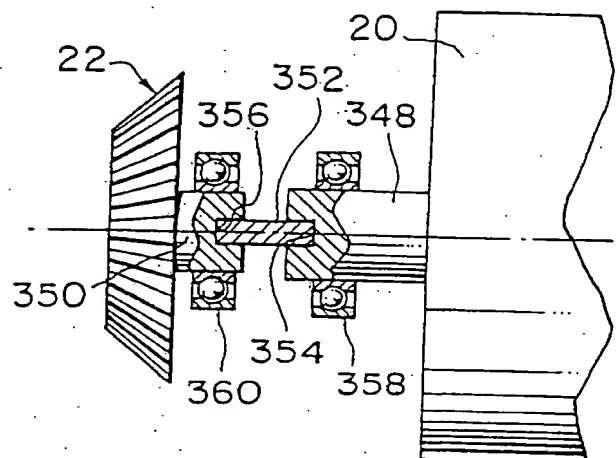
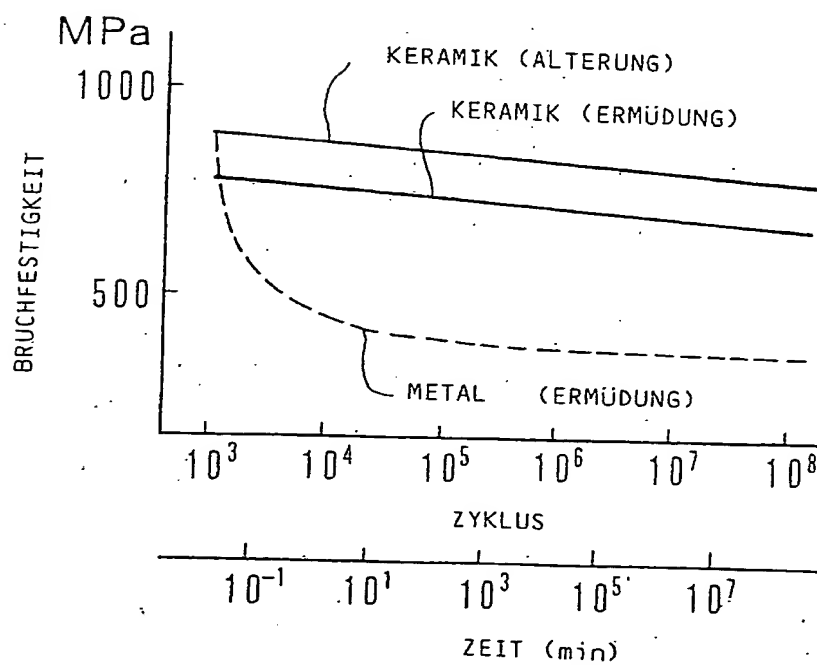


FIG. 49



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.